

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

До захисту допущено

Завідувач кафедри

Ямшинський М.М.

_____ (підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

Дипломна робота
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»
(назва ОКР)

з напрямку підготовки 6.050402 Ливарне виробництво
(код та назва напрямку підготовки)

на тему: Влив електромагнітної обробки гетерогенних алюмінієвих сплавів на структуроутворення при одержанні композитів

Виконав : студент IV курсу, групи ФЛ-51

Халявкін Антон Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник

проф., д.т.н. Затуловський А.С.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

з охорони праці

к.т.н., доцент Зацарний В.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

з економічної частини

к.е.н., ст.викладач Нараєвський С.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

з нормоконтролю

к.т.н., доц. Федоров Г.Є.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 р.

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

Факультет Інженерно-фізичний

Кафедра Ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Напрямок підготовки 6.050402 Ливарне виробництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Ямшинський М.М.
(ініціали, прізвище)

(підпис)

“ ” 2019 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Халявкіну Антону Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив електромагнітної обробки гетерогенних алюмінієвих сплавів на структуроутворення при одержанні композитів,

керівник роботи д.т.н, професор Затуловський Андрій Сергійович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «25» травня 2019 року № 1408 – с

2. Строк подання студентом роботи 9 червня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи 3.1. Матеріали наукової переддипломної практики;
3.2. Огляд літератури

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1. Виконати літературний огляд; 4.2. Ознайомитися з методикою дослідження наукової роботи; 4.3. Побудова необхідного устаткування, для введення до розплаву домішок; 4.4. Аналіз мікроструктури отриманих образчиків; 4.5. Дослідження трибо технічних характеристик композитів; 4.6.Опрацювати отриманні результати; 4.7 Визначити техніко-економічні показники дипломної роботи; 4.8. Проаналізувати основні чинники та надати рекомендації з питань охорони праці.

5. Перелік ілюстративного матеріалу 5.1. Стан питання та постановка завдання досліджень (2 слайди); 5.2. Методика дослідження (5 слайдів); 5.3.Експериментальна частина (4 слайди); 5.4. Висновки (1 слайд).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н., ст. викладач Нараєвський С.В.		
Охорони праці	к.т.н., доцент Зацарний В.В.		

7. Дата видачі завдання 18 квітня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Наукова переддипломна практика	15.04...17.05 2019 р.	
2	Вивчення літератури за темою дипломної роботи	20.04.2019 р.	
3	Формулювання мети і постановка задач досліджень	10.05.2019 р.	
4	Визначення методик замішування армуючих матеріалів до розплаву	13.05.2019 р.	
5	Проведення експериментальної частини по введенню армуючих матеріалів до розплаву	17.05.2019 р.	
6	Аналіз мікроструктури отриманих композитів	20.05.2019 р.	
7	Дослідження триботехнічних показників отриманих композитів	23.05.2019 р.	
8	Опрацювання результатів досліджень	27.05.2019 р.	
9	Виконання робіт з економічного розділу	30.05.2019 р.	
10	Виконання робіт розділу з охорони праці	03.06.2019 р.	
11	Формулювання висновків	06.06.2019 р.	
12	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2019 р.	
13	Рецензування	15.06.2019 р.	
14	Захист роботи	18.06.2019 р.	

Студент

Халявкін А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Затуловський А.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 64 с., 20 рис., 11 табл., 63 посилання.

Об'єкт дослідження – процес виготовлення литих алюмоматричних композиційних матеріалів.

Мета роботи – експериментальним шляхом визначити кращий метод введення армуючої фази до розплаву для забезпечення більшої ступені засвоєння.

Методика дослідження – вплив на розплав електромагнітної обробки та вібрації.

Результати та їх новизна – встановлено, що при введенні армуючої фази у вигляді напівфабрикатів, та під впливом електромагнітної обробки та вібрації ступінь засвоєння підвищуються, що в свою чергу покращую триботехнічні властивості розплаву у 1,4 рази.

Основні показники – під час створення ЛКМ рекомендовані індукція змінного магнітного поля 0,07-0,09 Тл, амплітуда вібрації – 0,4-0,5мм, частота – 100 Гц.

Ступінь впровадження – триботехнічні випробування пройшли в лабораторних умовах.

Галузь застосування – алюмоматричні КМ використовуються в конструкційних галузях, машинобудуванні.

Економічна ефективність – з коефіцієнта економічної ефективності, $K=2,94$, встановлено, що виконана робота є економічно вигідною.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – методика введення армуючих частинок в розплав у вигляді напівфабрикатів (брикетів) та використання електромагнітної обробки та вібрації значно покращили якість отриманих образчиків.

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, МГД ОБРОБКА, ТРИБОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, АЛЮМІНІЄВІ СПЛАВИ, ВІБРАЦІЯ

ABSTRACT

Thesis: 64 p., 20 fig., 11 tab., 63 references.

The object of study - the process of manufacturing cast aluminum alumina composite materials.

Purpose - experimentally determine the best method of introducing the reinforcing phase into the melt to provide a greater degree of assimilation.

Research methodology - influence on the melt of electromagnetic treatment and vibration.

Results and novelty - It was established that when introducing the reinforcing phase in the form of semi-finished products, and under the influence of electromagnetic treatment and vibration, the degree of assimilation increases, which in turn improves the tribotechnical properties of the melt in 1,4 times

Key figures - during the creation of LCM the induction of the alternating magnetic field is recommended 0,07-0,09 T, amplitude of vibration - 0,4-0,5 mm, frequency - 100 Hz.

The degree of implementation - tribotechnical tests were conducted in laboratory conditions.

Application fields - Alumetric KMs are used in constructional industries, mechanical engineering.

Economic efficiency - with economic efficiency coefficient, $K = 2.94$, found that the work done is economically advantageous.

Projected assumptions about the object of study - the method of introducing reinforcing particles into the melt in the form of semi-finished products (briquettes) and the use of electromagnetic treatment and vibration significantly improved the quality of the samples obtained.

COMPOSITE MATERIALS, MHD PROCESSING, TRIBOTEHNIC PROPERTIES,
ALUMINUM ALLOYS, VIBRATION

ЗМІСТ

ВСТУП	8
АЛЮМОМАТРИЧНІ ЛИТІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ. ВИРОБНИЦТВО, СКЛАДИ, ЗАСТОСУВАННЯ	9
Огляд методів отримання алюмінієвих ЛКМ з використанням МГД і інших зовнішніх впливів	9
Кількість і якісний склад дискретних тугоплавких добавок, рекомендованих для алюмінієвих ЛКМ	15
Ефективність застосування алюмоматричних КМ в промисловості	16
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	25
Методика проведення експериментів по введенню дискретних добавок за допомогою МГД і вібрації	25
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	29
Дослідження мікроструктури	29
Дослідження трибологічних властивостей ЛКМ	33
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	35
Науково-технічна актуальність НДР	35
Мета та завдання НДР	35
Розрахунок планових витрат на проведення НДР	36
1. Витрати на оплату праці	36
2. Визначення розміру єдиного соціального внеску	39
3. Матеріали необхідні для проведення досліджень	39
4. Витрати на спеціальне обладнання	40
5. Вартість послуг сторонніх організацій	40
6. Витрати на службові відрядження	40
7. Інші прямі невраховані витрати по темі	41
8. Накладні витрати	41
9. Визначення планової кошторисної вартості теми	41
Науково-технічна ефективність НДР	42

ОХОРОНА ПРАЦІ	46
Організаційні питання охорони праці на підприємстві	46
Аналіз параметрів приміщення.....	48
Аналіз освітленості приміщення	50
Шум та вібрація	50
Запиленість та загазованість	51
Електробезпека	52
Пожежна безпека.....	53
Висновки до розділу 5	56
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58

ВСТУП

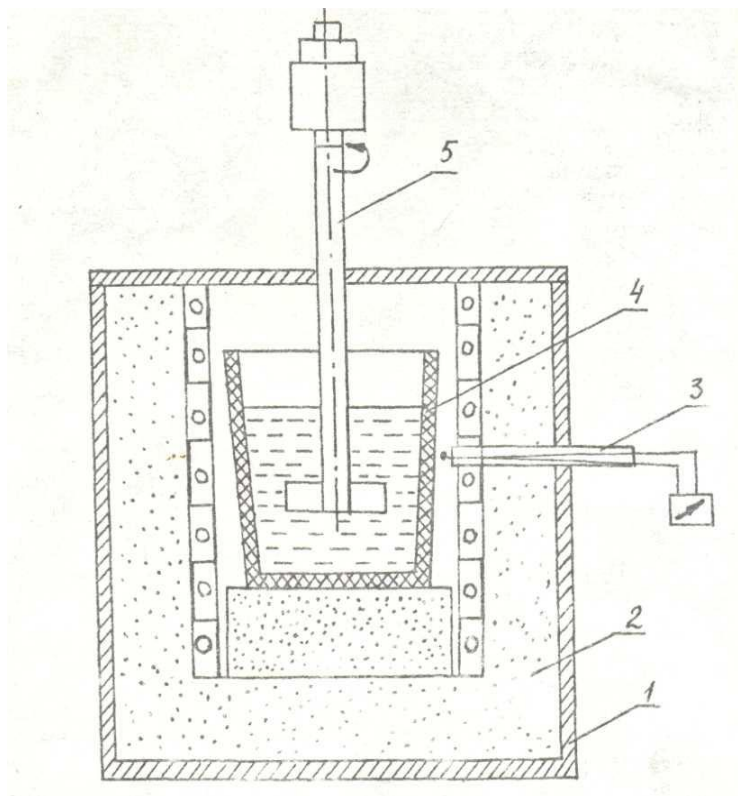
Протягом останніх десятиліть у зв'язку з ростом вимог до конструкційних матеріалів підвищується інтерес до литих композиційних матеріалів (ЛКМ) з металевою матрицею, армованої високомодульними керамічними частками. Такі матеріали мають підвищені властивості міцності, зносостійкі, добре працюють при підвищених температурах. Використання ЛКМ в вузлах тертя показало їх надійність, є рекомендації по використанню в високонавантажених вузлах тертя замість традиційних підшипникових сплавів. Серед ливарних технологій поширеним методом отримання ЛКМ є спосіб механічного замішування дисперсних частинок армуючої фази в розплав. Однак цей спосіб введення не завжди застосовується, і має ряд недоліків: сильне газонасичення і окислення розплаву в процесі активного механічного перемішування, необхідність перегріву розплаву. Тому ведуться дослідження, розроблені і розробляються інші технології замішування частинок в розплав. Рішення таких завдань неможливе без експериментального дослідження впливу різних фізичних впливів на формування литого композиту, вивчення його експлуатаційних властивостей, а накопичений досвід дозволить створювати нові матеріали, що відповідають вимогам сучасної техніки.

1 АЛЮМОМАТРИЧНІ ЛИТІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ. ВИРОБНИЦТВО, СКЛАДИ, ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Огляд методів отримання алюмінієвих ЛКМ з використанням МГД (магнітної гідродинаміки) і інших зовнішніх впливів

Процес виробництва композиційних матеріалів з тугоплавкою армуючою фазою методами лиття складається з наступних технологічних операцій: підготовки розплаву матричного сплаву, введення в розплав частинок армуючої фази, розливання розплаву у форми. Розплав алюмінієвого сплаву погано змочує частинки через високий поверхневий натяг на межі поділу фаз і окислюваність розплаву на повітрі. Тверді частинки в рідкому середовищі схильні до коагуляції і конгломерати армуючих частинок переходять в матеріал виробу з ЛКМ, що негативно позначається на експлуатаційних характеристиках. На поверхні частинок може бути присутнім газова фаза, продукти взаємодії частинки з розплавом. У зв'язку з цим виробництво ЛКМ з однорідною структурою зажадало впровадження безлічі технологічних розробок. Для замішування твердих частинок армуючої фази в розплав і його гомогенізації використовуються різні фізичні методи впливу на розплав і частки: чисто механічна дія, вплив ультразвуком і магнітним полем, відцентровою силою і т. д.

Найбільш доступними є методи механічного замішування частинок в розплав матричного сплаву, вони мають широку сферу застосування, обладнання легко піддається переналадці і вдосконалення. У ФТІМС на експериментальній установці для отримання композиційного матеріалу на основі алюмінієвого сплаву (рис. 1.1) були відпрацьовані технологічні режими отримання композитів з різними порошковими армуючими матеріалами, досягнута досить висока ступінь засвоєння наповнювача [1]. До недоліків методів механічного замішування можна віднести наявність умов для підвищеної окислюваності розплаву, забруднення металу оксидними включеннями, тривалість процесу, з якою пов'язана необхідність підтримки високого перегріву під час перемішування.

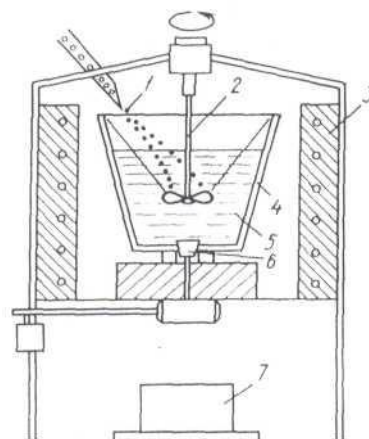


1 - металевий кожух; 2 - вогнетривка футеровка; 3 - термопара; 4 - тигель;
5 - активатор

Рисунок 1.1 - Схема установки для отримання композиційних матеріалів механічним замішуванням частинок в рідкий розплав

На рис. 1.2 показано ще одну установку для механічного замішування частинок [2]. Вона включає в себе тигель 4 з матричним розплавом 5, встановлений в печі 3 і забезпечений донним стопором 6. У тигель занурений імпелер 2, а під тиглем знаходиться ливарна форма 7. Армуючі частки 1 вводять засипанням на лопаті обертаючогося імпелера при повільному зниженні температури таким чином, щоб сумарна кількість твердої фази (часток і затверділої матриці) НЕ перевищувало 30% і щоб зберігалася достатня рідкотекучість одержуваної рідкометалевої суспензії. Після підготовки суспензії відкривають донний отвір і заливають її в

форму.



1 – армуючі частки; 2 – імпелер; 3 – тигельна піч; 4 – тигель; 5 – розплав;
6 – донний стопор; 7 – ливарна форма

Рисунок 1.2 - Установка для введення порошкоподібного матеріалу в розплав

На якість КМ впливає швидкість обертання імпелера, відношення геометричних розмірів імпелера і тигля, температура розплаву і порошку, склад матричного сплаву тощо. При оптимальному режимі частинки потрапляють на оголені частини лопатей імпелера і впроваджуються ними в розплав, в якому не повинно бути ні застійних, ні вихрових зон. Цим способом зазвичай виготовляють КМ на основі алюмінієвих сплавів з армуючими короткими волокнами або частками оксидів, карбідів та інших сполук, а також частками твердих мастильних матеріалів (графіту). Зазвичай прямим змішуванням вводять до 14 об.% наповнювача (оптимальне - 4 ... 8 об.%).

Відомий спосіб змішування частинок з їх введенням в розплав в потоці газу [3]. Дисперсні частинки SiC, що рухаються з дозуючого пристрою в потоці газу-носія (аргон, азот) з витратою 0,5 - 3 г / с направляються на поверхню диска, що обертається. При цьому армуючий наповнювач при ударі порошкового газу з поверхнею імпелера диспергується. За рахунок тертя частинки SiC розганяються, набувають швидкість 0,5 - 3 м / с і віялоподібним струменем вриваються в обертаємий метал поблизу поверхні зіткнення обертового диска і

металу, де спостерігається максимальна різниця в швидкостях їх обертання. Після закінчення введення армуючих частинок композиційний сплав перемішували з відносною швидкістю 1-5 м / с протягом 60 - 120 с для роздроблення скупчень наповнювача, введеного в композит і його рафінування від газових включень.

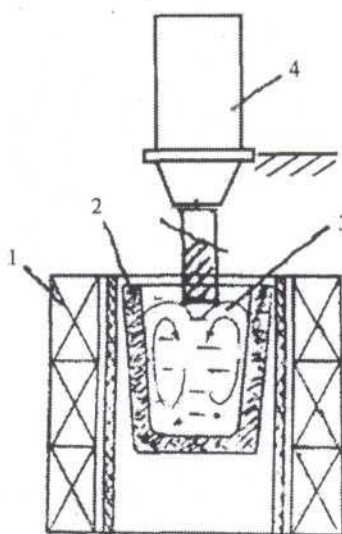
Були розроблені технології введення армуючої фази в розплав не у вигляді дискретних частинок, а в компактній формі, наприклад, підігрітих до 150- 170 ° С пресованих брикетів, що складаються з суміші дисперсних частинок карбиду кремнію і порошку титану. Після введення брикетів розплав витримують 25 - 30 хв, в цей час Al взаємодіє з порошком Ti [4].

Коагуляція часток карбідів і утворення їх скупчень розміром в десятки і сотні мкм відбувається в силу неповного змочування розплавом введених в композит окремих керамічних частинок. Це означає, що на їх поверхні частково присутня газова фаза, і скупчення частинок являє собою якийсь пухкий конгломерат у вигляді частинок і прошарків газової фази. Переплавлення вихідного композиту із застосуванням УЗО (ультразвукового очищення) (рис.1.3.) і розвитком кавітаційних процесів дозволяє зруйнувати скупчення частинок другої фази і істотно поліпшити однорідність структури композиційного матеріалу незалежно від умов отримання вихідного матеріалу [5].

Застосовували стандартну УЗ апаратуру, що дозволило ввести в розплав до 1 кВт акустичної потужності з розвитком акустичної кавітації. Дослідження на композитах з матрицею зі сплаву АЛ30 і АЛ4-1 показали, що така обробка розплаву покращує рівномірність розподілу часток армуючої фази.

У дослідженнях [6-10] зазначено, що застосування магнітного поля дозволяє виробляти ЛКМ з поліпшеними мікроструктурними характеристиками. Обробка в магнітному полі не обмежується одним тільки перемішуванням розплаву, магнітне поле змінює стан і фізико-хімічні властивості поверхонь розділу в гетерофазних розплавах, активує центри кристалізації, покращує змочування твердих армуючих частинок рідким металом, стимулює масоперенос, утворення інтерметалідів. При цьому підвищується однорідність, дисперсність, запобігається сегрегація включень. Фізико-хімічні процеси, що протікають в

області трибоконтакта, призводять до руйнування міжфазних зв'язків частка - матриця, тому, збільшення міцності такого зв'язку сприяє підвищенню зносостійкості матеріалу [11]. Відзначено, що магнітні поля змінюють фізичні властивості розплаву, так поверхневий натяг алюмінієвого розплаву в змінному магнітному полі зменшується зі збільшенням його інтенсивності і зменшенням його частоти [12].



1 - котушки електромагнітного пристрою; 2 - тигель з розплавом; 3 - викликані магнітним полем потоки розплаву; 4 - джерело УЗО

Рисунок 1.3 - Принципова схема застосування УЗО і ЕМП при отриманні композиту

Магнітне поле в залежності від обраної технології може бути постійним або змінним. Вплив постійного магнітного поля на процес кристалізація розплаву, збільшує ступінь гомогенності структури виливка. Це обумовлено переміщенням фаз, що формуються при затвердінні виливка, щодо магнітних силових ліній [13, 14].

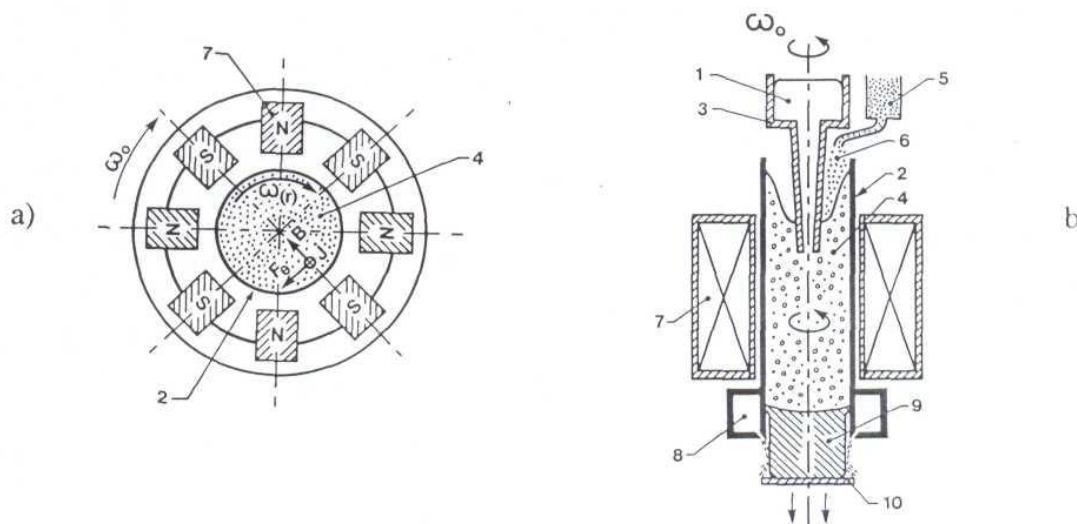
Варіанти обробки розплаву композиту змінним магнітним полем:

- ємність з розплавом всередині нерухомої котушки [15];
- ємність з розплавом в полі постійного магніту, що переміщаються навколо ємності [16];

- комбінована обробка магнітним полем одночасно з ультразвуком [5, 17].

Для виробництва ЛКМ може бути використана стандартна індукційна піч [18].

Більшість опублікованих робіт стосується лиття виливків в установках безперервного лиття. На рис. 1.4 представлена схема електромагнітної установки безперервного лиття для отримання композиту на основі алюмінієвого сплаву з частинками карбїду кремнію з об'ємною часткою частинок від 10 до 50% [16].



а - ротор (вид зверху); б - установка (вид спереду); 1 - розплав; 2 - виливок; 3 - ливникова чаша; 4 - багатофазна суміш; 5 - бункер з частинками; 6 - потік частинок; 7 - водоохолоджуваний ротор; 8 - водяне охолодження; 9 - затверділий сплав; 10 - підкладка кристалізатора

Рисунок 1.4 - Схема електромагнітного пристрою для замішування часток

При використанні такої технології зміна умов тепловідведення призводить до підвищення гомогенності структури виливка (подрібнення структури матриці і збільшення рівномірності розподілу часток наповнювача).

Відзначається, що отримання ЛКМ зі стабільними заздалегідь прогнозованими властивостями може бути досягнуто тільки в результаті детального досить глибокого вивчення процесу їх виробництва.

1.2 Кількість і якісний склад дискретних тугоплавких добавок,

рекомендованих для алюмінієвих ЛКМ

Вибір дискретних добавок визначається конструкцією виробу, умовами його експлуатації і технологічними можливостями виробника. Для алюмінієвих ЛКМ в якості добавок випробувано безліч матеріалів. Відзначено їх вплив на такі властивості ЛКМ:

- міцність;
- розмірна стабільність при зміні температури;
- жаро- і термостійкість;
- трибологічні властивості;
- питома вага;
- електропровідність;
- вартість.

Для виробництва ЛКМ з підвищеною термостійкістю використовують частинки, що мають робочу температуру до 1300 ° С: оксидні і вольфрамові волокна, SiC, TiAl₃, B₄C, AlN тощо (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 – Термостійкі ливарні композиційні матеріали

Матриця	Армуючі елементи
AK12	SiC; SiC+TiAl ₃
Алюміній	SiC (60-65%)
AK12	дискретні частинки SiC (28 мкм и 3 мкм), SiC + ендогенні частинки TiAl ₃ до 10% ваг., 14% ваг. TiAl ₃ + 3% об. SiC
АМг1 Д16 АЛ2	15-20% ваг. SiC , SiC (28 мкм) – 5% ваг., SiC (3 мкм) – 2,5% ваг.
АЛ4 АЛ30	SiC 10...15%
АЛ30	SiC (марки M14), Al ₂ O ₃ (марки 15 А)

Багаторічний досвід використання ЛКМ для виробництва трибодеталей

підтверджує їх ефективність (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – ливарні композиційні матеріали триботехнічного призначення

Матриця	Армуючі елементи
Алюміній	Al ₂ O ₃ ; Al ₂ O ₃ +SiO ₂ неорганічні частинки Ø1-50 мкм; неорганічні волокна Ø2-5...4-20 мкм; l=10-200мкм
Алюміній	SiC (3-5% ваг.); Ti (до 10% ваг.) марки ПТХ
Алюміній	BN (2-5 мкм), Al ₂ O ₃ (2-5 мкм), Al ₂ O ₃ (2-250 мкм)
АЛ2	2,5% SiC (до 3 мкм), 1,5%С (40-160 мкм)
АК12	дисперсні частинки SiC (28 мкм и 3 мкм), SiC + ендогенні частинки TiAl ₃ до 10% ваг., 14% ваг. TiAl ₃ + 3% об. SiC
АМг1 Д16 АЛ2	15-20% ваг. SiC , SiC (28 мкм) – 5% ваг., SiC (3 мкм) – 2,5% ваг.
А7 АЛ25	TiC (1-5 мкм, 3% ваг.); SiC , Al ₂ O ₃ (1-80 мкм, 4% ваг.)
АЛ30	SiC (марки М14), Al ₂ O ₃ (марки 15А)
АЛ2	Скандій (Al+7,4% мас. Sc), SiC зелений 28 мкм – 7% ваг.
Д16 АЛ2 АМг1	2,5% об. SiC – до 3 мкм 5% об. SiC - 28 мкм
Алюміній	Частинки SiC
	Ниткоподібні кристали SiC
	Фіберфракс короткі волокна
	TiC частинки
	Частинки С
	Al ₂ O ₃ + SiC (частинки) + С (частинки)
	Короткі волокна Al ₂ O ₃

Штучно синтезовані керамічні волокна і частки заданої форми можуть бути використані для виробництва ЛКМ в разі, коли витрати компенсуються економією при їх експлуатації. З цієї причини такі армуючі матеріали в даний час не можуть бути широко використані.

Відділом композиційних матеріалів ФТІМС раніше були проведені роботи по

застосуванню в якості армуючої фази недорогих і недефіцитних матеріалів: частинки кам'яного лиття, алюмосилікати, шлаки та ін.

Фізико-механічні властивості матеріалів, використовуваних при отриманні композиційних матеріалів на основі алюмінію, представлені в табл.1.3.

Таблиця 1.3 - Фізико-механічні характеристики матеріалів, використовуваних в якості армуючих елементів ЛКМ

Матеріал	Стан	Щільність, кг/м ³	Темп-ра плавлення 0°С	КТЛР, $\alpha, 10^{-6}$ 1/град	Мікротвер дість, кг/мм ²	НВ кг/м м ²
Сплав Al	Кристалічний	2700	660	20,5- 24,3	-	90- 125
Al ₂ O ₃	Кристалічний	3900	2050	8,0	3000	-
SiC	Кристалічний	3200	2700	4,7-6,2	3000	-
Шлак	Склокристалі чний	2800	1200	7-9	550-750	-
Кам'яне лиття	Склокристалі чний	3000	1300	7-8	720-800	-
Шамот	Кристалічний	2350	1800	5,5	-	-
Графіт	Кристалічний					
Алюмоси лікат	Кристалічний	2500	1800	5,5	-	-

Зазначені армуючі елементи мають різну морфологію. Частинки порошку алюмосилікату ізометричної форми, пористі з шорсткою поверхнею. Тверді склокристалічні частки кам'яного лиття мають гострі, незграбні грані, часто подовжену клиноподібну форму відколу. Склоподібні частки шлаків - ізометричної форми з ракоподібним сколом граней. Форма частинок карбиду кремнію може бути як рівноосною, так і витягнутої гострокутною з гладкою рівною поверхнею.

Із зазначених в табл.1.3 матеріалів карбід кремнію найбільш стійкий в розплаві

алюмінію, його властивості добре вивчені, є можливість купувати готові порошки різної зернистості.

Проаналізувавши декілька десятків робіт, встановили, що при виробництві ЛКМ з карбідом кремнію кількість останнього в матеріалі може варіюватися в дуже широких межах (рис.1.5). При литті - до сорока відсотків. Ливарні ЛКМ, що містять більше 15% армуючої фази, непридатні для виробництва виливків гравітаційною заливкою форм. Вплив армуючої фази на властивості матеріалу спостерігається вже при її невеликому вмісті ($> 1\%$).

З рисунка 6 видно, що ЛКМ з частинками карбіду кремнію в діапазоні розмірів від 0 до 80 мкм достатньо вивчені різними авторами.

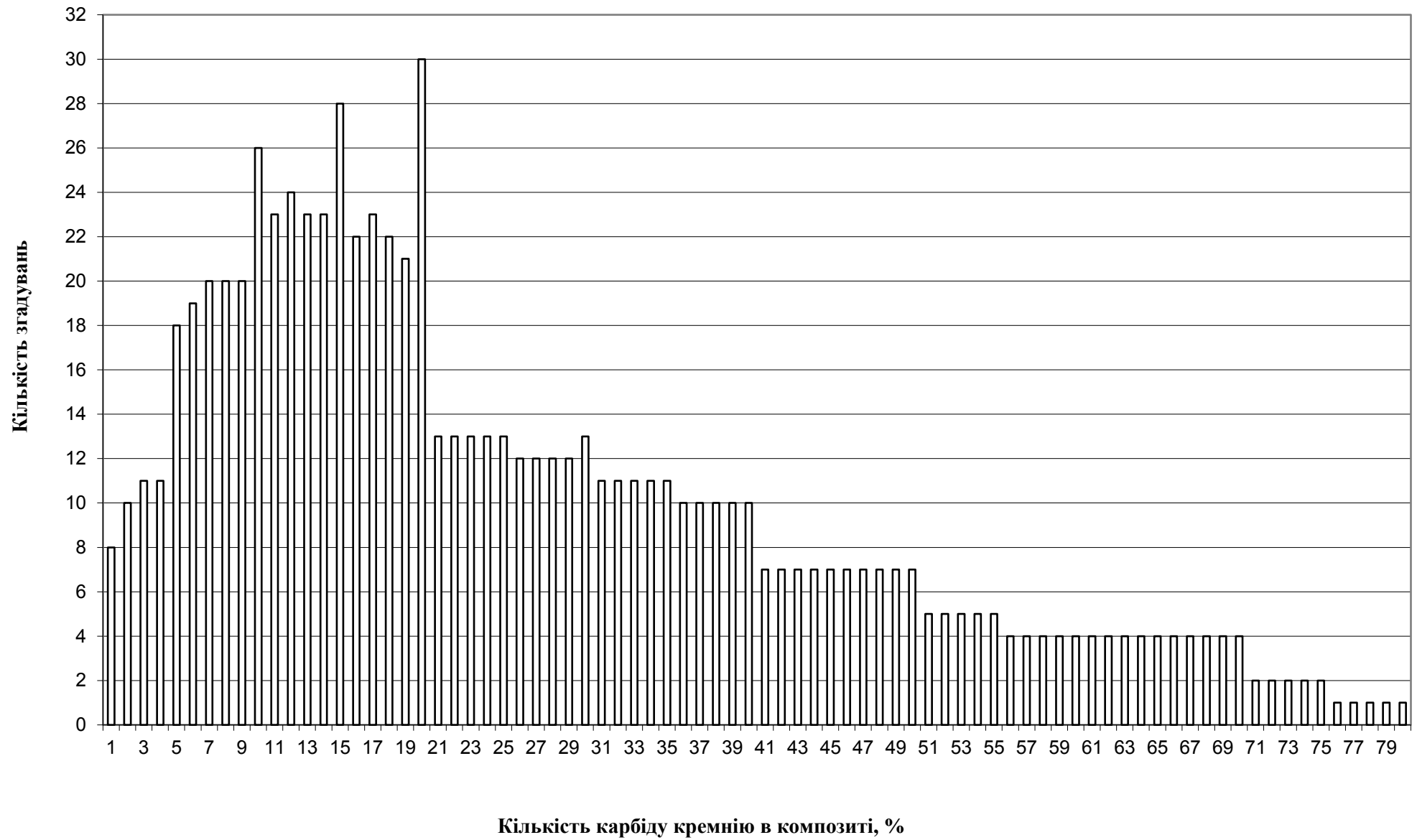


Рисунок 1.5. Статистичний аналіз даних по використанню кількості карбіду кремнію при отриманні композиційних матеріалів (за даними 70 літературних джерел)

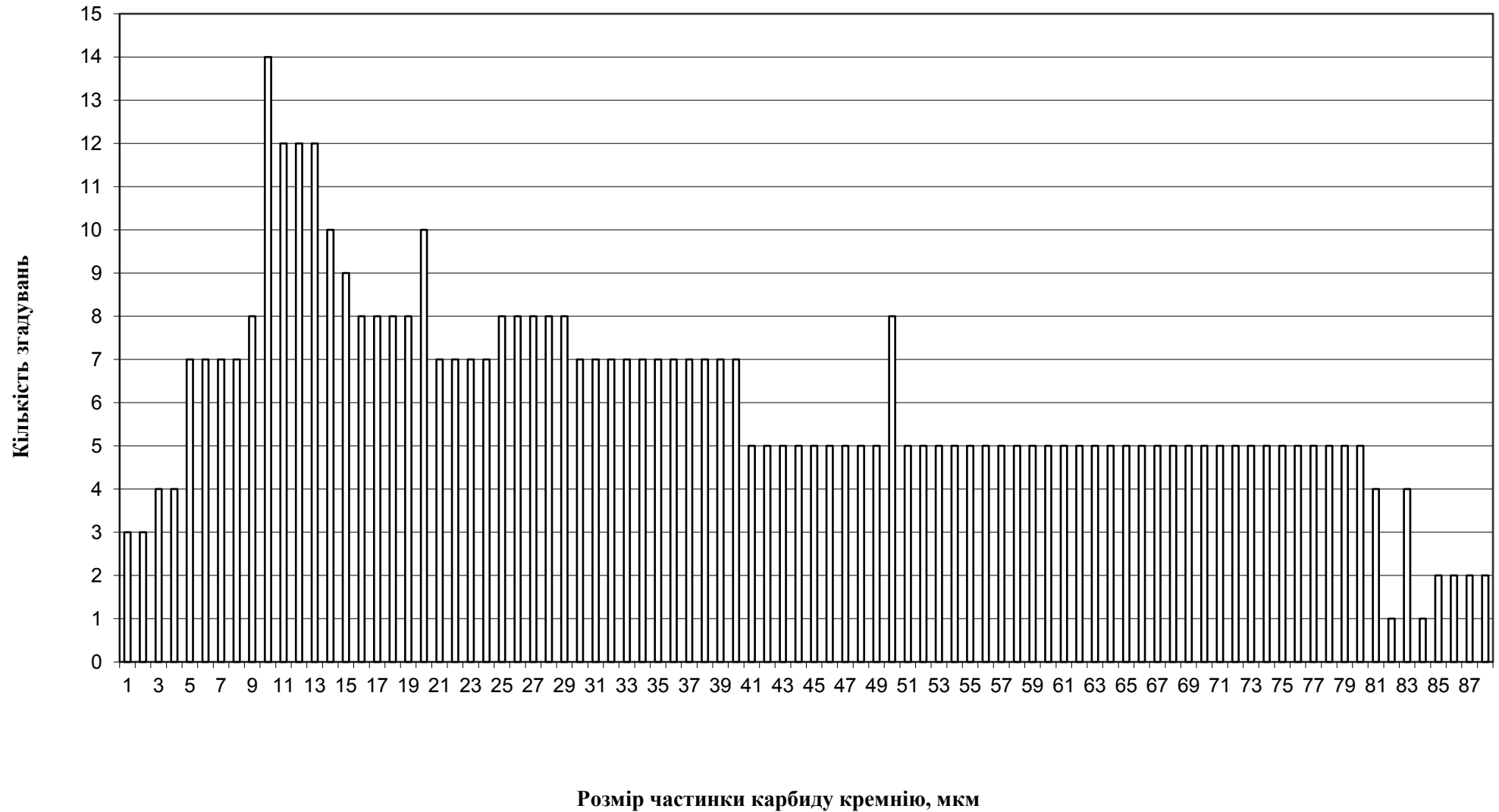


Рисунок 1.6. Статистичний аналіз даних по використанню розміру карбиду кремнію при отриманні композиційних матеріалів (за даними 70 літературних джерел)

1.3 Ефективність застосування алюмоматричних КМ в промисловості

ЛКМ на основі алюмінію мають коефіцієнти тертя характерні для антифрикційних сплавів типу бронзи, латуні, антифрикційних алюмінієвих моносплавів, зберігають їх постійними в значно ширшому діапазоні швидкостей і навантажень. Порівняльні трибовипробування в парі зі сталлю показали, що вони мають переваги перед мідними сплавами за показниками зносу, максимального робочого навантаження, стабільності коефіцієнта тертя. Це дозволило почати промислові випробування алюмоматричних КМ.

В результаті виробу з алюмоматричних КМ успішно застосовуються замість традиційних мідних сплавів в високонавантажених трибовузлах в машинобудуванні, транспорті, дорожньо-будівельної техніки. Багаторічні промислові випробування свідчать про їх високу експлуатаційну надійність. Значний економічний ефект при їх використанні досягається за рахунок зниження собівартості виготовлення деталі і збільшення міжремонтних циклів обладнання.

У публікаціях є описи конкретних прикладів застосування виробів з ЛКМ. В роботі [19] наводиться детальний опис і аналіз результатів використання поршнів для форсованих двигунів внутрішнього згорання (рис.1.7) і втулок катків гусеничного екскаватора (рис.1.8). При армуванні поршневого сплаву АЛ25 карбідом кремнію маса поршнів була знижена на 15%, потужність двигуна підвищена на 30%, моторесурс продовжений в 3 рази. Заміна бронзи БрА9ЖЗл на КМ при випробуваннях втулок катків екскаватора дозволила збільшити довговічність деталей, зменшити втрати на тертя в підшипниках. Питоме навантаження в підшипниках досягало $380 \text{ кгс} / \text{см}^2$, при швидкості ковзання до $1 \text{ м} / \text{с}$, термін служби втулок - не менше 3-х років.

Заміна бронзи БрОЦ в дискових ножицях розкрійного комплексу ДИН на композиційний матеріал (АК9 + 5% sic + 1,25% С) дозволило забезпечити безперебійну роботу і збільшити термін служби виробу в 3 рази (рис.1.9). [20]

З наведених у табл 1.4 даних видно, що застосування композиційних матеріалів замість інших трибоматеріалів було виправдано.

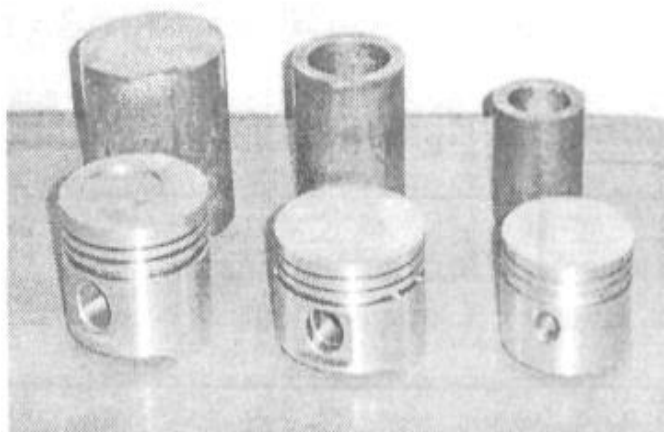


Рисунок 1.7. Заготовки та виготовлені з них поршні двигуна внутрішнього згорання

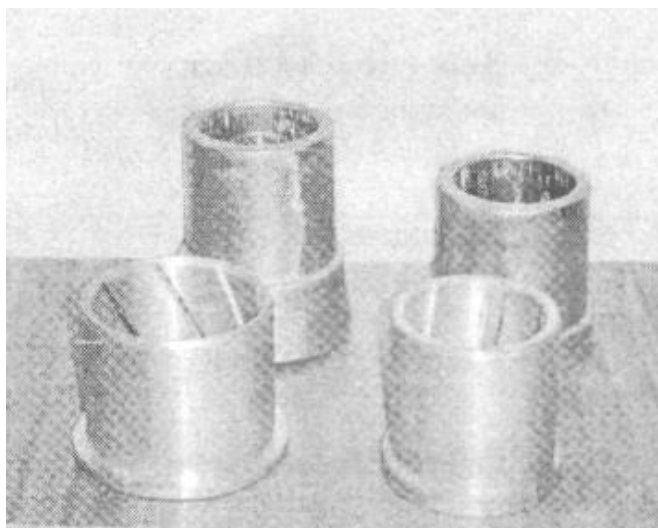
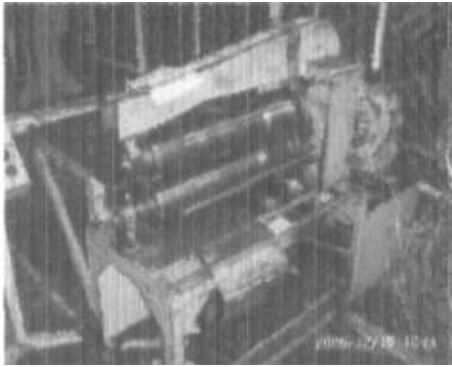
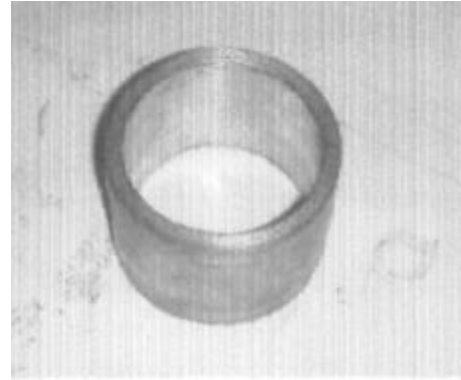


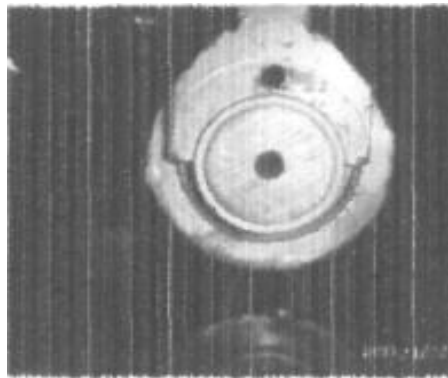
Рисунок 1.8. Заготовки та виготовлені з них втулки для катків екскаватора



а



б



в

а – дискові ножиці; б – втулка з ЛКМ; в – втулка, встановлена в робочий вузол

Рисунок 1.9. Застосування ЛКМ в дискових ножицях розкрійного комплексу ДИН

Таблиця 1.4. Результати заміни традиційних матеріалів на КМ в вузлах тертя [20].

№ з/п	Найменування вузла	Умови тертя	Замінюваний матеріал	Склад КМ	Результати заміни
1	Компресор автомобільний	Сухе	Графітопласт	AK12+5%SiC +2,5 %C	Збільшення терміну служби на 40% Зниження собівартості в 2.3 рази
2	Втулка двигуна верстату ТПК-125ВН1	Сухе	БрОЦ	B124+8%Si3N4	Збільшення терміну служби на 35%, зниження собівартості в 3,6р

Продовження таблиці 1.4.

3	Клапан керування механізмом розподілу фаз КУМРФ	Повноцінне змащування	БрАЖН10-4-4	AK12+5%SiC +2,5%C	Зниження ваги в 3 рази, більш стабільна робота. Зниження собівартості в 2 рази
4	Кільце синхронізатора	Повноцінне змащування	ЛС-59-1	AK9+3%SiC	Зниження ваги в 3 рази. Зниження собівартості в 2,2 рази
5	Втулка дискових ножиць	Сухе	БрОЦ	AK12+5%SiC +1,25%C	Відсутність не бажаної деформації, збільшення зносостійкості на 50%, зниження вартості в 10- 15 разів
6	Поршень амортизатора підвіски	Повноцінне змащування	СЧ35	AK12+5%SiC +2,5%C	Збільшення ресурсу роботи на 40%, зниження ваги
7	Втулка рульового керування	Сухе	Технічне залізо	A99+10%Ti 5%SiC	Збільшення ресурсу роботи на 40%

Важливим фактором у поширенні алюмоматричних КМ в промисловості є їх технологічність. КМ відрізняються хорошими ливарними властивостями, задовільною оброблюваністю різанням, адаптуються до умов серійного виробництва, є найбільш дешевими серед КМ з металевою матрицею. [19] Триваюче промислове впровадження алюмоматричних КМ, розширення номенклатури виробів і списку видів техніки, де вони знаходять застосування, свідчать про стійке прагнення до заміни бронз саме цими матеріалами, однак недостатній розвиток теоретичної бази в області трибології, відсутність достовірних моделей поведінки в трибоконтакті не тільки КМ, але також традиційних антифрикційних матеріалів поки не дозволяють дослідженням вийти зі стадії накопичення емпіричних даних.

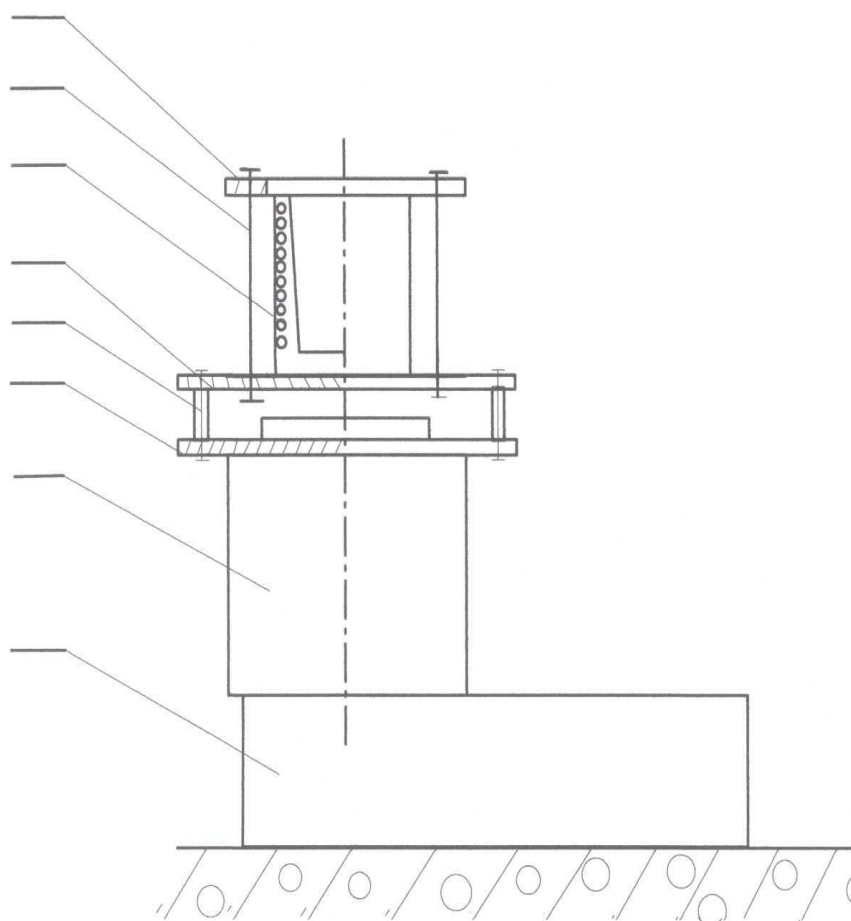
Область застосування алюмоматричних КМ не обмежена триботехнікою. Алюмоматричні КМ використовуються в якості конструкційних і теплостійких матеріалів в різних галузях техніки. З них виготовляють рами для велосипедів, кріпильні гвинти для космічних апаратів, теплопровідні підставки в комп'ютерах і багато іншого.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методика проведення експериментів по введенню дискретних добавок за допомогою МГД і вібрації

Литий композиційний матеріал виробляли по рідкофазної технології замішуванням неметалічних частинок в розплав матричного сплаву при комплексній дії змінного магнітного поля і вібрації з метою дослідження його впливу на формування матеріалу.

Для проведення експериментів використовували електромагнітний пристрій - адаптований однополюсний електромагніт установки для розливання чавуну і сталі (Рис.2.1, 2.2). Плавку виробляли в обігріваному тиглі з фторфлогопіта (висота робочого простору - 120 мм, вн. діаметр - 77 мм).



1 – кріплення тигля; 2 – шпильки кріплення; 3 – тигель с нагрівачем опору; 4 – сталева пластина; 5 – демпфери; 6 – стіл; 7 – електромагніт; 8 – станина електромагніту

Рисунок 2.1. Схема установки для МГД обробки розплаву КМ



Рисунок 2.2 Обігріваний тигель, встановлений на сталевій пластині електромагнітного пристрою.

Змінне магнітне поле з регульованою індукцією, створене електромагнітом (7), викликає перемішування розплаву в тиглі. Поле швидкостей в розплаві має торообразную форму. Течія розплаву ламінарна зі швидкостями 0,15 0,35 м / с.

Одночасно з динамічним впливом на розплав магнітне поле викликає осциляційне переміщення сталевієї пластини (4), на якій встановлений тигель (3). Частота осциляцій 100 Гц, амплітуда коливань розплаву 0,1- 0,5 мм ..

Зміною напруги в котушці електромагніта в процесі проведення експериментів змінювали індукцію магнітного поля від 0,03 до 0,12 Тл.

Для досліджень в сталевому кокіллі відливалися пальчикові зразки висотою 85 мм, діаметром близько 16 мм.

В ході досліджень було випробувано кілька варіантів введення частинок армуючої фази в рідкий розплав:

У першому варіанті (рис.2.3 (а)) розплавлення металу і замішування частинок проводилося в двох плавильних печах. В одній плавили шихту і підігрівали розплав до температури 750 - 760 ° С. Готовий розплав переливали в другу піч, де

знаходилися попередньо прожарені при 650 - 700 °С частки SiC. Потім піч встановлювалася на електромагнітному пристрої, де вироблялося змішування частинок. Після обробки, ковшем відбиралася порція розплаву, відливали зразок.

У другому варіанті (рис. 2.3(б)) матричний розплав розплавляють, перегріваючи до 750 - 760 °С. Порошковий матеріал засипався на дзеркало розплаву під час МГД-обробки.

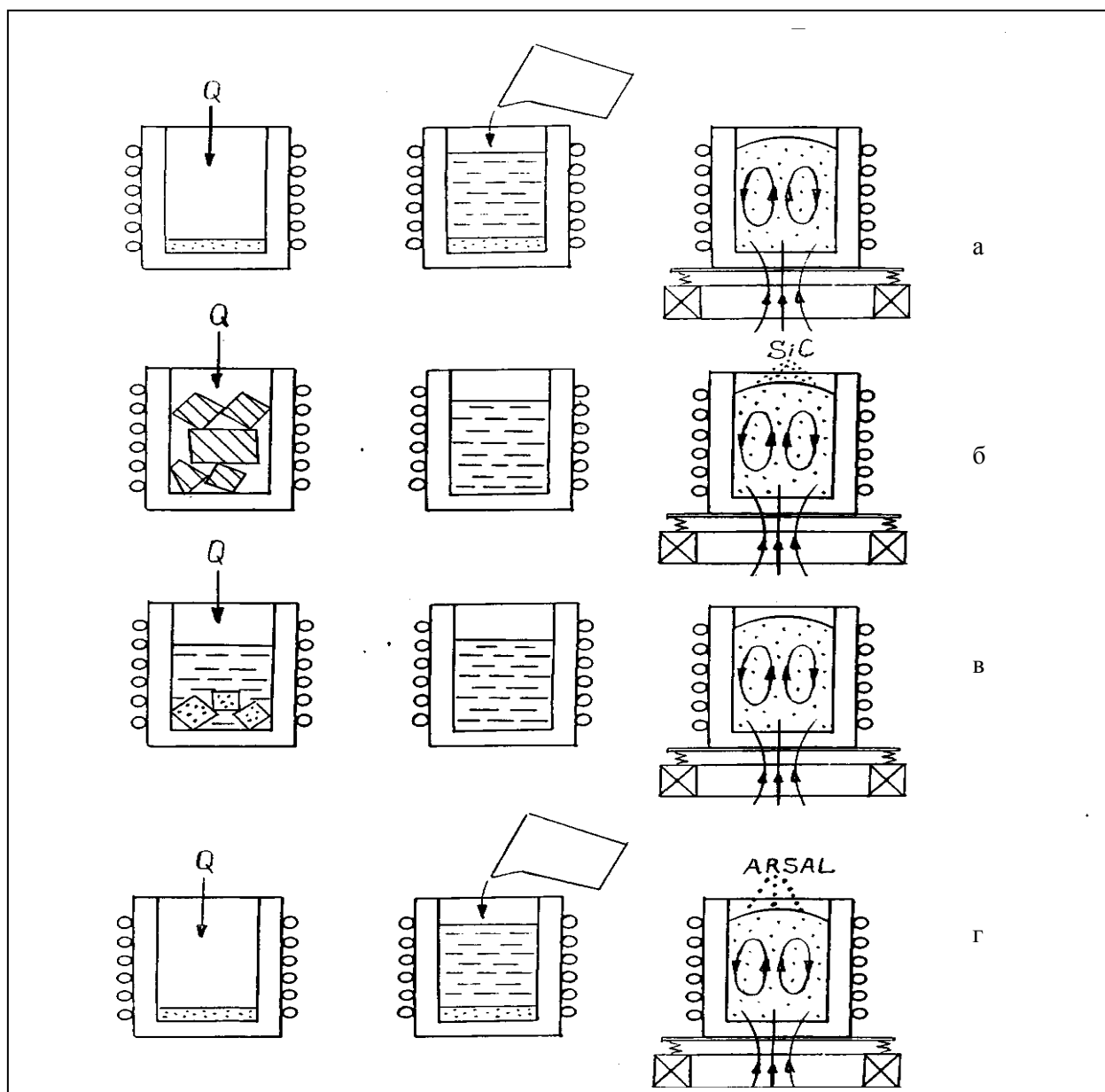
У третьому варіанті (рис. 2.3(в)) напівфабрикат композиційного матеріалу розчиняли в матричному металі, перегріваючи до 750 - 760 °С, проводячи МГД-обробку.

По четвертому варіанту (рис. 2.4(г)) прогартування порошку проводилося на дні тигля, заливався розплав, потім електромагнітна обробка і добавка флюсу Arsal2125 в кількості 0,01%.

Ефективність технології оцінювали за такими параметрами:

- ступінь засвоєння дискретних частинок армуючої фази в композиційному матеріалі;
- рівномірність розподілу часток в матриці;
- наявність дефектів структури.

В якості матричного сплаву використовували силумін марки АК7 (ДСТУ 2839-94, ГОСТ 1583-93) і, армована фаза - порошок карбіду кремнію чорного зернистістю Р 120 (ISO 8486-86 і ГОСТ 3647).



а - прогартування порошку на дні тигля - заливка розплаву - електромагнітна обробка;

б - розплавлення матричного сплаву - засипка порошку на дзеркало металу під час електромагнітної обробки;

в - введення порошкового матеріалу в розплав у вигляді литого напівфабрикату КМ - розплавлення - електромагнітна обробка;

г - прогартує порошку на дні тигля - заливка розплаву - електромагнітна обробка і добавка флюсу Arsal

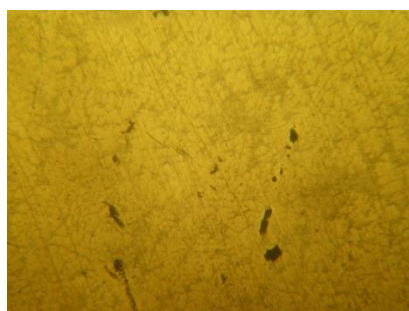
Рисунок 2.3 Варіанти технології введення частинок армуючої фази в рідкий розплав

ЗРЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дослідження мікроструктури

Мікроструктуру матеріалів вивчали за допомогою оптичного мікроскопа МИМ7 на нетравлених шліфах в литому стані.

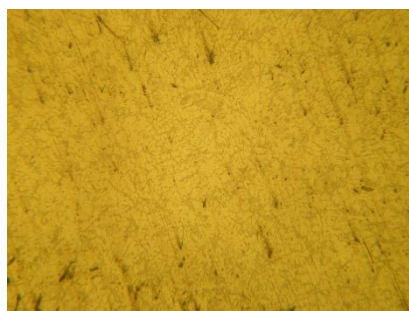
Мікроструктури зразків, отриманих замішуванням не зв'язаних частинок порошку з розплавом, представлені на рис. 3.1 – 3.2.



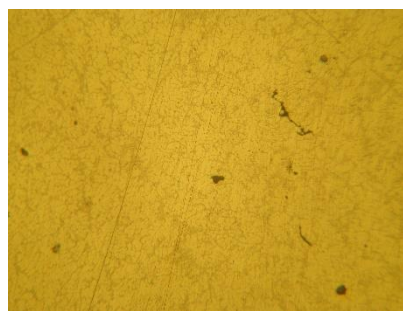
а



б



в



г

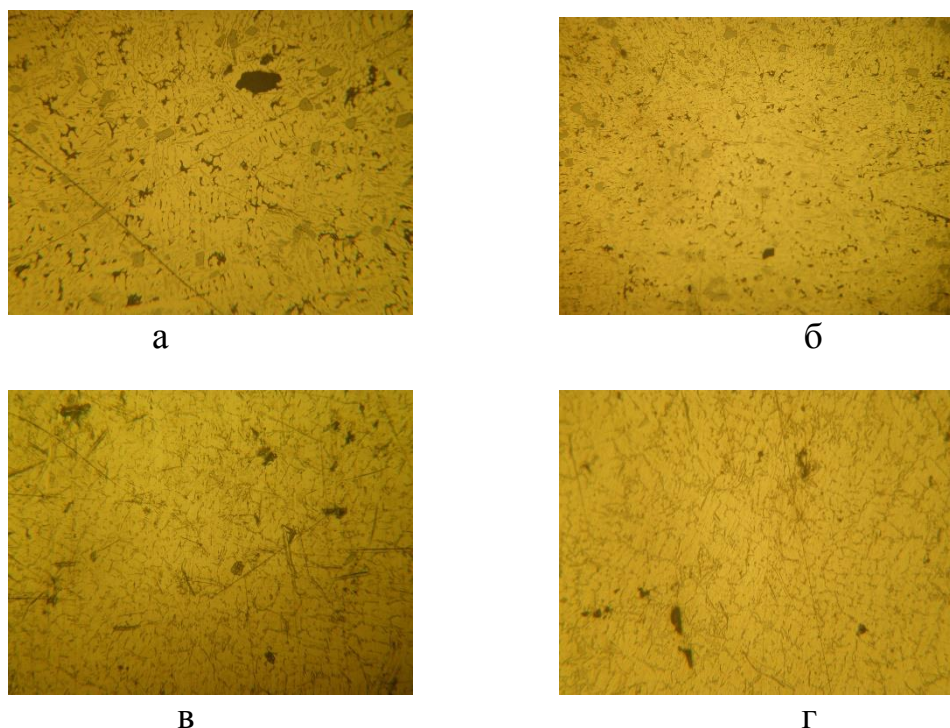
а – варіант технології виготовлення на рис. 2.3 (а);

б – варіант технології виготовлення на рис. 2.3 (а), після установки над шаром порошку, всередині тигля, сталевого кільця, що змінює характер руху розплаву;

в – варіант технології виготовлення на рис.2.3 (б);

г – варіант технології виготовлення на рис.2.3 (г), до розплаву додавали 0,01% флюсу ARSAL 2125

Рисунок 3.1 Мікроструктури КМ отримані при індукції магнітного поля 0,03-0,04 Тл, тривалість обробки – 1 хвилина



а – варіант технології виробництва на рис.2.3 (а)

б – варіант технології виробництва на рис.2.3 (а), замість розплаву АК7 розплав АК12М2;

в – варіант технології виробництва на рис.2.3 (а), після установки над шаром порошку, всередині тигля, сталевого кільця, що змінює характер руху розплаву;

г – варіант технології виробництва на рис.2.3 (г)

Рисунок 3.2 – Мікроструктури КМ, отриманих при індукції магнітного поля 0,1-0,12 Тл, тривалість обробки – 2 хв

Після аналізу рис.3.1-3.2 можна зробити висновок, що такі технологічні прийоми, як збільшення інтенсивності і часу обробки, застосування флюсу, застосування різних матричних сплавів, зміна характеру руху розплаву в тиглі (установка металевго кільця в тигель з розплавом) не мали помітного впливу на ступінь засвоєння частинок. У всіх випадках кількість дискретних частинок в матричному металі становило менше 1%.

На рис.3.3 представлена мікроструктура КМ, отриманого засипанням порошку на дзеркало розплаву, при обробці в ковші, що не обігрівається (індукція магнітного поля 0,07-0,08 Тл, тривалість обробки - 2 хв). При такому способі температура

розплаву швидко знижується з 750 °С до 610 °С, через 1 хвилину він переходить в рідко-твердий стан. Ще одну хвилину проводили перемішування в'язкого розплаву і відбирали пробу для дослідження мікроструктури. У структурі КМ виявляються включення у вигляді скупчень частинок карбіду кремнію, розташованих нерівномірно за обсягом виливка.

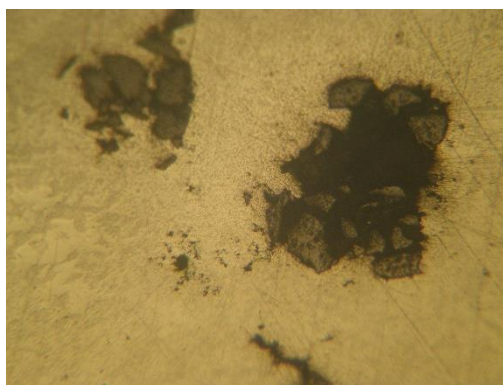


Рисунок 3.3 - Обробка сплаву в двокамерному ковші, індукція магнітного поля 0,07-0,08 Тл; тривалість обробки - 2 хв

Для кращого засвоєння частинок армуючої фази в розплаві був випробуваний спосіб їх введення не у вільному вигляді, а у вигляді брикету, що представляє собою литий напівфабрикат КМ. Напівфабрикат отримували механічним змішуванням частинок в розплав матричного сплаву при температурі твердорідкому стані (560 - 580 ° С) і подальшого затвердіння. Вміст SiC в отриманому напівфабрикаті - 16%. Структура матеріалу представлена на рис.3.4. У структурі присутні окремі армуючі частки, скупчення частинок, пори.

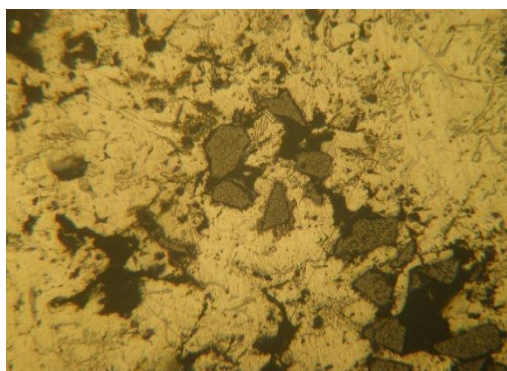
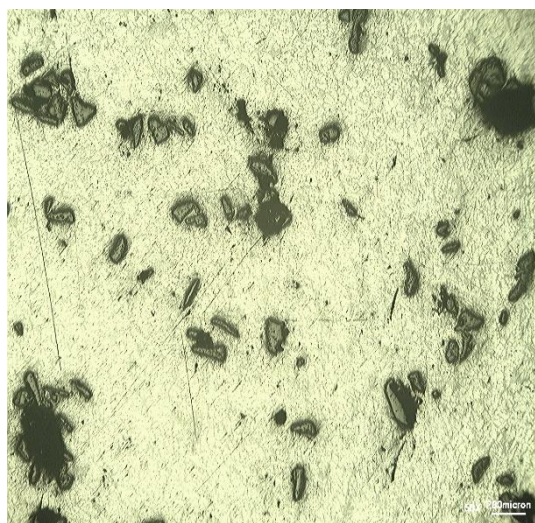


Рисунок 3.4 – Мікроструктура литого напівфабриката КМ.

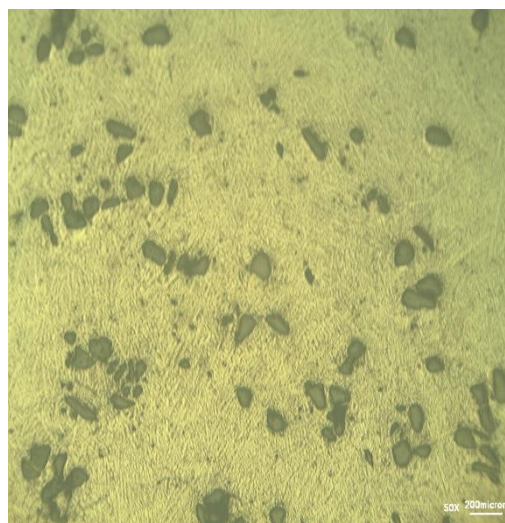
Для отримання КМ брикети литого напівфабрикату вводили в нагрітий до 760 - 770 °С розплав АК7, витримували до повного розплавлення, знімали шлак і після цього виконували електромагнітну обробку з вібрацією (рис.2.3 в). Індукція змінного магнітного поля 0,07-0,09 Тл, амплітуда вібрації тигля з розплавом - 0,1-0,5 мм; частота вібрації- 100 Гц. Проби металу відбирали через 3 і 6 хвилин обробки.

Під впливом перемішування розплаву і вібрації відбувався рівномірний розподіл армуючих частинок в обсязі матричного сплаву, видалення оксидних і газових включень, конгломератів частинок. Мікроструктури композиційного матеріалу, отриманого даним методом, наведені на рис.3.5. Кількість частинок карбіду кремнію в композиційному матеріалі становить 2-5 об%. Помітно більш рівномірний розподіл часток і зменшення кількості конгломератів при збільшенні тривалості МГД-обробки до 6 хв (рис.3.5 (б)).



X50

а



x50

б

а – тривалість обробки 3 хвилини; б- тривалість обробки 6 хвилин

Рисунок 3.5 - Мікроструктури композиційного матеріалу, отриманого введенням брикетів литого напівфабрикату.

На рис.3.5 видно, що структура отриманого ЛКМ істотно відрізняється від структури литого напівфабрикату (рис. 3.1), частки карбіду кремнію змочені розплавом, по межах часток немає вираженої перехідної зони (темна окантовка,

можливо, виникла в процесі виготовлення шліфів або пов'язана з умовами освітлення). Немає помітного впливу тривалості обробки на форму і розмір часток, тобто технологія дозволяє досить швидко досягти диспергування частинок в матричному металі, за цей час не встигають розвинути процес деградації дисперсного наповнювача.

3.2 Дослідження трибологічних властивостей ЛКМ

Трибологічні властивості вивчали на зразках зі сплаву АК7 без армуючих частинок і з добавкою карбіду кремнію на установках СМТ-1 і МТ 69 при терті термооброблених по режиму Т5 циліндричних зразків діаметром 10 мм по контртіло-втулки зі сталі 50Х твердістю HRC 45 - 50 без змащення. Швидкість ковзання - 0,2 м / с, навантаження - 6,4 кг / см². Втрата маси зразків визначалася як різниця мас промитого і знежиреного зразка до і після випробування. Похибка зважування 12×10^{-3} г на вагах ВЛТ-1 ТУ25.06.385-72. Час випробування - 4 години, зміна ваги зразків в процесі випробування контролювалося через кожну годину. Дані наведені в табл. 3.1.

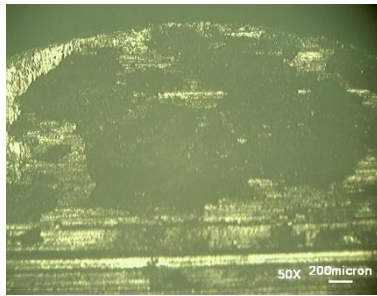
Таблиця 3.1 – результати дослідження трибологічних властивостей ЛКМ

№ п/п	Матеріал	Втрата ваги за кожну годину, г					Коеф фіцієнт тертя
		1-а	2-а	3-а	4-а	Заг.	
1.	АК-7	0,0264	0,0279	0,0253	0,0272	0,1068	0,32
2	АК-7+SiC (3 хв обробки)	0,0227	0,0231	0,0219	0,0214	0,0891	0,34
3.	АК-7+SiC (6 хв обробки)	0,0190	0,0175	0,0201	0,0194	0,0760	0,34

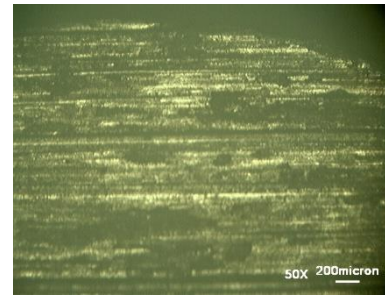
Можна відзначити зниження зносу композиційних матеріалів в порівнянні з моносплавом АК7 в 1,3- 1,4 рази при приблизно однаковому коефіцієнті тертя. Збільшення тривалості електромагнітної обробки з вібрацією сприяє підвищенню зносостійкості КМ.

Вивчення поверхні тертя випробуваних зразків дозволило виявити відмінності в характері їх зносу (рис. 3.6). Темні області на поверхнях є майданчиками прослизання, покриті розділовим шаром з продуктів зносу, а світліші області -

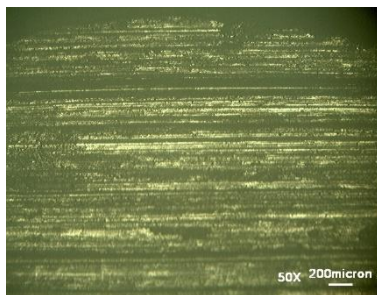
матеріал зразка з подряпинами різної ширини і дрібними вогнищами захоплення. Чим більше площа розділового шару, тим нижче показники зносу зразка. Представлені дані свідчать, що більш тривала електромагнітна обробка з вібрацією сприяє утворенню більш великих майданчиків прослизання (а, б). На поверхні зразка з матричного сплаву (в) майданчиків прослизання менше, ніж на інших зразках.



а



б



в

а – ЛКМ, МГД – обробка 6 хвилин; б – ЛКМ, МГД – обробка 3 хвилини; в – матричний розплав;

Рисунок 3.6 - Робоча поверхня зразків після випробування на установці СМТ 1

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Науково-технічна актуальність НДР

Розвиток науково-технічного прогресу незмінно супроводжується постійним збільшенням споживання природних ресурсів й одночасним зростанням кількості виробничих і побутових відходів. Проблема раціонального використання відходів як найтісніше пов'язана з ефективністю суспільного виробництва і захистом навколишнього середовища. Переробка, утилізація та видалення відходів ніколи не викликали такого великого інтересу, як в даний час. Наприклад, при спалюванні, 200 тис. тонн відходів в рік на Київському заводі з термічної переробки побутових відходів утворюється до 30 тис. тонн золи та шлаку. При цьому витрати на їх транспортування на звалище складають близько 18 млрд. грн. на рік.

Постійним джерелом промислових відходів в Україні є діючі підприємства гірничодобувної, переробної, металургійної, енергетичної, хімічної та інших галузей промисловості. Загальні обсяги їх накопичення складають близько 25 млрд. тонн і при роботі підприємств на повну потужність щорічно можуть збільшуватися приблизно на 1 млрд. тонн.

Утилізація утворюваних шлаків і золи дозволить зменшити забруднення навколишнього середовища, звільнити родючі землі зайняті звалищем, отримати нові матеріали для використання їх в промисловому виробництві, зменшити витрати на транспортування відходів і поліпшити механічні та трибологічні характеристики виливків.

4.2 Мета та завдання НДР

Метою даної роботи було використання зовнішніх впливів при виготовленні литих алюмоматричних композиційних матеріалів армованих продуктами рециклінгу.

На основі проведеного аналізу літературних джерел поставленні чіткі задачі проведення дослідження:

1. Проведення іспитів на тертя та зніс композитів з неметалевими наповнювачами.
2. Визначення триботехнічних характеристик композитів армованих бронзовою стружкою по технології ex-situ.
3. Визначення триботехнічних характеристик композитів армованих бронзовою стружкою по технології in-situ.

4.3 Розрахунок планових витрат на проведення НДР

Робота виконувалася у відділі композиційного литва ФТІМС НАН України. Планова кошторисна вартість (собівартість) науково-дослідницької роботи розраховувалася за наступними видатковими статтями:

- заробітна плата науково-дослідницького персоналу;
- єдиний соціальний внесок;
- вартість матеріалів, необхідних для виконання НДР;
- вартість спеціального обладнання для проведення експерименту;
- службові відрядження;
- інші прямі невраховані витрати;
- накладні витрати.

4.3.1 Витрати на оплату праці

Розрахунок заробітної плати науково-дослідницького персоналу базується на визначенні трудомісткості робіт окремих виконавців та їхньої денної заробітної

плати (враховуючи кількість виконавців, їхню кваліфікацію і завантаженість роботою на різних етапах НДР).

При виконанні даної науково-дослідницької роботи брали участь: науково-педагогічний співробітник, старший науковий співробітник, інженер 1-ї категорії та інженер дослідник. Для ФТІМС НАН України тарифні ставки сумірної місячної заробітної плати складають:

- науково-педагогічного співробітника – 24120 грн.;
- старшого наукового співробітника – 12886 грн.;
- інженера 1-ї категорії – 5626 грн.;
- інженера-дослідника – 4337 грн.

Денна заробітна плата кожного з виконавців визначається як місячна заробітна плата, поділена на середню кількість днів у місяці, що при п'ятиденному робочому тижні становить 21,2. Таким чином, величина денної заробітної плати виконавців складає:

- науково-педагогічного співробітника – 1137,73 грн.;
- старшого наукового співробітника – 607,83 грн.;
- інженера 1-ї категорії – 265,37 грн.;
- інженера-дослідника – 204,58 грн.

Заробітна плата розраховується на основі даних про трудомісткість окремих робіт і посадової оплати виконавців цих робіт. Розрахунок ведеться в людино- днях. Перелік робіт та трудомісткість зведено в табл. 4.1.

Перемножуючи середньоденну заробітну плату за кожною категорією виконавців на відповідну планову трудомісткість робіт, розраховується плановий фонд заробітної плати всіх виконавців. Підсумовуючи одержані результати, визначається загальний фонд заробітної плати з теми. Результати розрахунку фонду заробітної плати з теми зведено до табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Трудомісткість макроетапів виконання НДР

Макроетапи НДР	Трудомісткість, людино-днів			
	Науково-педагогічний співробітник	Старший науковий співробітник	Інженер 1-ї категорії	Інженер-дослідник
1. Отримання завдання та аналіз фахових публікацій з теми	—	—	—	10
2. Обґрунтування мети та напрямів дослідження	2	2	2	2
3. Розроблення методики проведення досліджень за темою	12	10	8	6
4. Проведення експерименту 4.1 Плавлення металу 4.2 Виготовлення зразків 4.3 Дослідження трибологічних властивостей	—	14	30	30
5. Аналіз та обговорення результатів дослідження	6	10	10	12
6. Оброблення результатів та побудова залежностей	2	12	8	16
Всього	22	48	48	76

Таблиця 4.2 – Фонд заробітної плати

Посада	Трудомісткість, людино-днів	Місячний оклад, грн.	Денна заробітна плата, грн.	Сумарна заробітна плата за виконавцями, грн.
1	2	3	4	5
Науково-педагогічного співробітника	22	24120	1137,73	25030,06

Старший науковий співробітник	48	12886	607,83	29175,84
Інженер 1-ї категорії	48	5626	265,37	12737,76
Інженера-дослідника	76	4337	204,58	15548,08
Разом				82491,66

4.3.2 Визначення розміру єдиного соціального внеску

Згідно з діючим законодавством єдиний соціальний внесок складає 22 % від заробітної плати.

$$B_c = 0,22 \cdot 82491,66 = 18148,16 \text{ грн.} \quad (4.1)$$

4.3.3 Матеріали необхідні для проведення досліджень

Для проведення досліджень використовувалися наступні матеріали: алюмінієвий сплав марки АК5М2, шамот, карбід кремнію, бронзова стружка. Дані про вартість перелічених матеріалів наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунки витрат на матеріали

Найменування	Одиниці вимірювання	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5
Сплав АК5М2	Кг	26	17,7	460,2
Шамот	Кг	5	2	10
Карбід кремнію	Кг	3	280	840
Бронзова стружка	Кг	8	61,62	492,96
Всього				1803,16

Транспортно-заготівельні витрати приймаємо в розмірі 10 % від вартості ма-

теріалів:

$$B_{\text{тр.}} = 1803,16 \cdot 0,1 = 180,316 \sim 180,3 \text{ грн.} \quad (4.2)$$

Таким чином повна сума витрат на матеріали становить:

$$\Sigma B_{\text{тр.}} = 1803,16 + 180,3 = 1983,46 \text{ грн.} \quad (4.3)$$

4.3.4 Витрати на спеціальне обладнання

При виконанні науково-дослідницької роботи всі роботи проводилися з використанням лише наявного обладнання в лабораторії ФТІМС НАН України.

4.3.5 Вартість послуг сторонніх організацій

У виконанні науково-дослідницької роботи сторонні організації участі не брали.

4.3.6 Витрати на службові відрядження

При виконанні науково-дослідницької роботи за даною темою, згідно плану, ніякі службові відрядження не проводилися.

4.3.7 Інші прямі невраховані витрати по темі

Інші прямі невраховані витрати плануються у розмірі 10% від суми врахованих витрат на науково-дослідну роботу:

$$C_{\text{інші}} = 0,1 \cdot (82491,66 + 18148,16 + 1983,46) = 10262,3 \text{ грн.} \quad (4.4)$$

4.3.8 Накладні витрати

До накладних витрат відносяться:

– витрати на заробітну плату адміністративно-управлінського,

господарчого та допоміжного персоналу (разом з єдиним соціальним внеском);

- витрати на допоміжні виробництва;
- витрати на утримання та експлуатацію виробничих площ, наукових приладів та установок;
- витрати на охорону праці, техніку безпеки та екологію;
- фінансування підготовки кадрів, воєнізованої охорони й деякі інші.

Норматив відрахувань на накладні витрати для ФТІМС НАН України встановлений у розмірі 20% планової сумарної вартості виконання НДР. Розраховуємо величину накладних витрат наступним чином:

$$H_B = 0,2 \cdot (82491,66 + 18148,16 + 1983,46 + 10262,3) = 20729,9 \text{ грн} \quad (4.5)$$

4.3.9 Визначення планової кошторисної вартості теми

Планова кошторисна вартість науково-дослідницької роботи визначається як сума витрат за окремими статтями калькуляції. Результати визначення вартості наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування калькуляційних статей	Позначення	Сума	
		грн.	%
1. Фонд заробітної плати	ФЗП	82491,66	61,74
2. Єдиний соціальний внесок	В _С	18148,16	13,58
3. Матеріали необхідні для виконання теми	В _{тр.}	1983,46	1,48
4. Спеціальне обладнання для наукових робіт	С _{об}	—	—
5. Робота і послуги сторонніх організацій	С _{стор}	—	—
6. Витрати службові відрядження	С _{від}	—	—
7. Інші прямі невраховані витрати	С _{інш}	10262,3	7,68
8. Накладні витрати	Н _В	20729,9	15,52
Всього		133615,48	100

Згідно з таблицею 4.4 загальна планова кошторисна вартість науково-дослідної роботи складає:

$$V_{\text{НДР}} = 133615,48 \text{ грн.}$$

(4.6)

4.4 Науково-технічна ефективність НДР

Дослідження, що проводяться в даній роботі, мають дослідницький та теоретичний характер. Відповідно з цим прямий розрахунок очікуваного річного економічного ефекту надзвичайно складний, оскільки відсутні повні дані відносно сфери використання результатів роботи, а також вихідні дані для розрахунку єдиновременних та поточних витрат. У такому випадку слід використовувати бальну систему оцінки економічної ефективності за наступними показниками [59]:

- важливість розробки (K_1);
- можливість використання результатів (K_2);
- теоретичне значення та рівень новизни дослідження (K_3);
- складність виконання теми (K_4).

Шкала для оцінки важливості розробки K_1 :

- ініціативна робота, яка не входить до складу комплексної програми та не є завданням директивних органів – 1 бал;
- робота виконується за угодою про науково-технічне співробітництво – 3 бали;
- робота являє собою частину відомчої програми – 5 балів;
- робота являє собою частину комплексної міжвідомчої програми з елементами впровадження результатів – 7 балів;
- робота є частиною міжнародної комплексної програми – 8 балів.

Коефіцієнт K_2 може приймати такі значення:

- результати розробки можна використати тільки в даному підрозділі – 1 бал;
- результати розробки можуть бути використані тільки однією організацією – 3 бали;
- результати розробки можуть бути використані багатьма організаціями – 5

балів;

- результатами розробки можуть користуватися споживачі в межах однієї галузі – 8 балів;

- результатами розробки можуть користуватися споживачі в різних галузях – 10 балів.

Коефіцієнт K_3 може приймати такі значення:

- робота являє собою аналіз, узагальнення або класифікацію відомої інформації, подібні результати раніше були відомі в досліджуваній галузі – 2 бали;

- під час виконання роботи отримана нова інформація, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів – 3 бали;

- внаслідок виконання роботи отримана нова інформація, яка частково змінює уявлення про природу досліджуваних процесів – 5 балів;

- внаслідок виконання НДР створені нові теорії, методики або що-небудь подібне – 6 балів;

- отримана інформація формує принципово нові уявлення, які не були відомі раніше – 8 балів.

Коефіцієнт K_4 може приймати такі значення:

- роботу виконує один підрозділ, витрати до 10 000 гривень – 1 бал;

- роботу виконує один підрозділ, витрати від 10 000 до 50 000 гривень – 3

бали;

- роботу виконує один підрозділ, витрати від 50 000 до 100 000 гривень – 5 балів;

- робота виконується багатьма підрозділами, витрати від 100 000 до 200 000 гривень – 7 балів;

- робота виконується багатьма організаціями, витрати більше 200 000 гривень – 9 балів.

Результат бальної оцінки науково-технічної ефективності науково-дослідної роботи наведений в таблиці 4.5 і становить:

$$B = 5 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 7 = 840 \quad (4.7)$$

Таблиця 4.5 – Бальна оцінка науково-технічної ефективності НДР

Показники оцінки ефективності НДР	Умовне позначення показника	Характеристика даної розробки	Кількість балів
1	2	3	4
1. Важливість розробки	K_1	Робота являє собою частину відомчої програми	5
2. Можливість використання результатів розробки	K_2	Результати розробки можуть бути використані багатьма організаціями	8
3. Теоретична значимість та рівень новизни розробки	K_3	Отримання нової інформації, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів та була невідома раніше	3
4. Складність проведення дослідження	K_4	Робота виконується багатьма підрозділами, витрати від 100 000 до 200 000 гривень	7

Умовний річний економічний ефект науково-дослідної роботи визначається:

$$E_{\text{НДР}} = 500 \cdot Б - E_{\text{Н}} \cdot B_{\text{НДР}}, \quad (4.8)$$

де 500 – умовна вартість одного балу, грн.;

$E_{\text{Н}}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності ($E_{\text{Н}} = 0,1 \dots 0,5$).

Приймаємо $E_{\text{Н}} = 0,2$;

$B_{\text{НДР}}$ – витрати на виконання НДР (планова річна кошторисна вартість виконання НДР), $B_{\text{НДР}} = 133615,48$ грн.

Таким чином, умовний економічний ефект становить:

$$E_{\text{НДР}} = 500 \cdot 840 - 0,2 \cdot 133615,48 = 393276,9 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності визначаємо за формулою:

$$K_{\text{НДР}} = E_{\text{НДР}} / B_{\text{НДР}}, \quad (4.9)$$

$$K_{\text{НДР}} = 393276,9 / 133615,48 = 2,94.$$

Отримана розрахункова величина коефіцієнта економічної ефективності науково-дослідницької роботи ($K_{\text{НДР}} = 2,94$) свідчить про доцільність виконання даної роботи і є економічно обґрунтованим.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Технічний прогрес постійно, мов тінь, супроводжують техногенні аварії та нещасні випадки. За статистичними даними МОП, кількість нещасних випадків на виробництві у світі неухильно зростає і становить на теперішній час приблизно 250млн. щорічно (685 тис. виробничих травм на день). Рівень травматизму й профзахворюваності значно вищий у країнах, що розвиваються, ніж у промислово розвинутих державах. Так, у країнах Європейського Союзу щорічно жертвами нещасних випадків і профзахворювань стають близько 10 млн. осіб; з них майже 8 тис. гинуть. В Україні щоденно на виробництві травмуються в середньому 140...180 осіб, з них 20 стають інвалідами, а 3...4 гинуть [60].

Охорона праці – це система правових соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [61].

Метою даного розділу є аналіз небезпечних та шкідливих чинників, які мають місце при виготовленні литих алюмоматричних композиційних матеріалів армованих продуктами рециклінгу, та розробка заходів спрямованих на їхнє усунення і забезпечення здорових умов праці.

5.1 Організаційні питання охорони праці на підприємстві

Основним нормативним документом щодо організації охорони праці в Україні є Закон України «Про охорону праці». Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їхнього життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища й встановлює єдиний порядок організації охорони праці в

Україні.[62] У ФТІМС НАН України відповідальність за охорону праці несе спеціально призначена особа, яка за сумісництвом може працювати на іншій посаді.

Стаття 13. Управління охороною праці та обов'язки роботодавця [62].

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

З цією метою ФТІМС НАН України забезпечено функціонування системи управління охороною праці, а саме: призначення посадових осіб, які забезпечують вирішення питань охорони праці; виконання необхідних профілактичних заходів; належного утримання будівлі, виробничого обладнання та устаткування, і моніторингу за їхнім технічним станом.

Стаття 14. Обов'язки працівника щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці [62].

Усі працівники інституту зобов'язані: знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці; проходити медичні огляди; дбати про особисту, а також оточуючих людей, безпеку і здоров'я.

Стаття 15. Служба охорони праці на підприємстві [62].

На підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку.

У ФТІМС НАН України створено відділ охорони праці, основну відповідальність несе Кравчук Н.Д.

У відділі композиційних матеріалів відповідальний за охорону праці Гарбуз П.П. Він же і є відповідальним за ОП в лабораторії.

5.2 Аналіз параметрів приміщення

Площа лабораторії складає 120 м^2 , об'єм – 480 м^3 , розміри лабораторії: ширина – 8 м, довжина – 15 м, висота – 4 м. Відповідно площа цеху на одного працюючого складає 30 м^2 . В лабораторії працює чотири працівники. Об'єм на одного працюючого складає 120 м^3 , що задовольняє вимоги санітарних норм та правил.

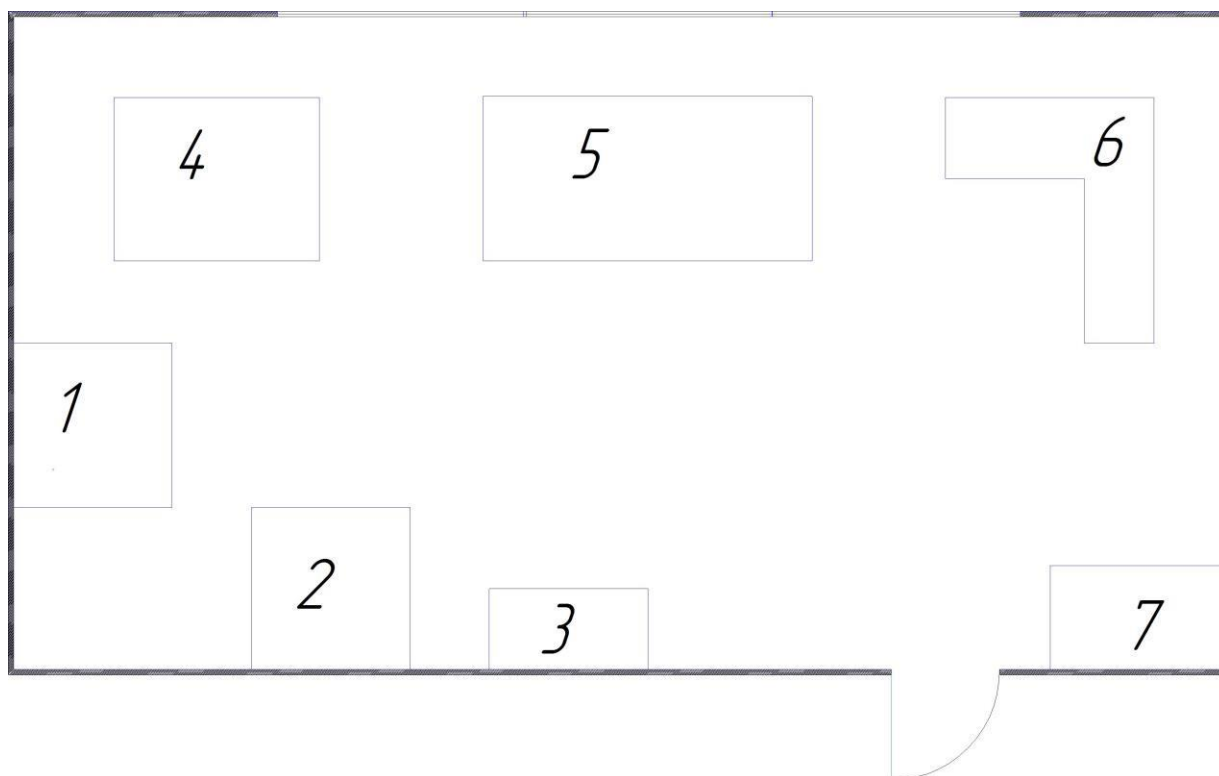


Рисунок 5.1 – План-схема лабораторії:

1 – велика селітова піч, 2 – мала селітова піч, 3 – трансформатор, 4 – місце для відходів власного виробництва, 5 – установка на зніс та тертя, 6 – місце інженера-технолога, 7 – місце засобів пожежної безпеки.

У лабораторії виплавляються виливки із композиційних матеріалів. Композити виплавляються в селітових електричних печах. У лабораторії над печами й установкою знаходяться вентиляції для вилучення із приміщення забрудненого й теплого повітря та подачі чистого.

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні підтримуємо оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання, які наведені у табл.5.1.

Категорії робіт за ступенем важкості в лабораторії розподіляються таким чином: місце для плавлення – категорія Пб – роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 10 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи, і потребують певного фізичного навантаження; місце для проведення іспитів на зніс і тертя – категорія Па – роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи і потребують певного фізичного напруження. Енерговитрати організму людини при таких категоріях робіт становлять: при Пб – 201...250 Ккал/год, при Па – 151...200 Ккал/год [60]

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату відповідно до ДСН 3.3.6.042-99

Період року	Температура повітря °С			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	оптимальна	Допустима на робочому місці		оптимальна	Допустима	оптимальна	Допустима
		Постійном У	непостійно му				
Холодний	17-19	15-21	13-23	60-40	75	0,2	0,4
Теплий	20-22	15-27	15-29	60-40	70	0,3	0,2-0,5
Фактичні величини в робочій зоні приміщення							
Холодний	16			58		0,1	
Теплий	27			40		0,3	

З отриманих даних можна зробити висновок, що параметри мікроклімату знаходяться в межах допустимих нормативних значень відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.

5.3 Аналіз освітленості приміщення

Залежно від джерел світла освітлення може бути природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла, та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним [63].

При тривалій роботі на погано освітленому робочому місці здорове сприйняття знижується, розвивається короткозорість, з'являються захворювання очей та головні болі. За рахунок постійного напруження зору наступає зорове стомлення та втрати уваги, що тягне за собою неточність виконання робіт та травматизм. Тривала робота при високому освітленні може привести до світлобоязні – збільшеної чуйності очей до світла з характерними слезотечіями, запаленням слизової оболонки та роговиці ока.

У лабораторії використовується природне бокове освітлення і загальне штучне. Оскільки бокового природного освітлення недостатньо для освітлення всього приміщення, тому потрібно використовувати суміщене освітлення. Для штучного освітлення використовуються газорозрядні лампи. Лабораторія має 12 ламп, які розміщені у 4 ряди, що є достатнім для забезпечення нормального освітлення кімнати.

5.4 Шум та вібрація

Джерелом шуму й вібрації є установка для проведення дослідів на зніс і тертя та вентиляція. Шум спричиняє шкідливий вплив на організм людини, та в першу чергу на центральну нервову систему та серцево-судинну систему, призводить до їхніх захворювань, сприяє зниженню продуктивності праці та збільшенню втомлюваності, викликає захворювання органів слуху. Тривалий вплив шуму може привести до погіршення слуху, а в окремих випадках – до глухоти. Для захисту від впливу шуму використовують протишумові навушники.

Параметри, які нормуються, визначаються ДСН 3.3.6.037-99. Рівень звуку на робочих місцях допускається до 75 дБА. Причиною шуму в цеху є повітродувні насоси печей, конвеєри, крани. Шум не повинен перевищувати 80 дБ, згідно ДСН 3.3.6.037-99.

Вібрація може бути причиною порушення діяльності центральної нервової системи, дихальних органів, збільшення тиску. Припустимий рівень вібрації в ливарному цеху 100 Дб.

Над обладнанням, яке шумить, повинні знаходитись шумопоглиначі – плоскі або об'ємні звукопоглинаючі елементи. Повітропроводи та газопроводи повинні бути устатковані глушниками. Для зменшення вібрації, яка спричинена коливальними рухами, необхідно максимально урівноважити частини, що обертаються, зменшити розбавтаність окремих частин.

5.5 Запиленість та загазованість

Згідно з ГОСТ 12.1.005–88 пил, який виділяється при проведенні досліджень на тертя (діоксид кремнію), відноситься до фіброгенних речовин. Пил, який попадає у організм людини через дихальні шляхи, може привести до розвитку професійних захворювань, пилового бронхіту, силікозу, пневмоконкозу. Джерелом запиленості і загазованості являється установка для проведення дослідів на зніс і тертя, та селітова піч.

Вміст шкідливих речовин у атмосфері повітря не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК) ГОСТ 12.1.005-88. Пил, який виділяється під час проведення дослідів на зніс і тертя повинен видалятися з приміщення лабораторії за допомогою вентиляції. Оскільки лабораторія оснащена потужною вентиляцією, то можна зробити висновок, що пил з приміщення видаляється повністю.

5.6 Електробезпека

У лабораторії ФТІМС НАН України розміщено таке електрообладнання: мала селітова піч, велика селітова піч, трансформатор, установка на зніс і тертя, які живляться напругою 380 В змінного струму. За ступенем небезпеки ураження електричним струмом згідно ПУЕ-97 лабораторія відноситься до приміщень з підвищеною небезпечністю ураження електричним струмом: наявність струмопровідної підлоги; відносна вологість більше 75%, але менше насичення, можливість одночасного доторкання людини до не струмопровідних частин електроустановки і до металоконструкції, що мають контакт із землею.

Причинами ураження електричним струмом можуть бути:

1. Доторкання до частин електроустановок, що випадково знаходяться під струмом внаслідок замикання фази на корпус, ушкодження ізоляції або інші несправності.
2. Ураження електричним струмом через електропровідну підлогу.
3. Ремонт обладнання при підключеному до нього живленні.

Чинники, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом, діляться на три групи: електричного характеру, неелектричного характеру і чинники виробничого середовища.[63]

Чинники електричного характеру:

- відчутний струм – викликає при проходженні через організм відчутні подразнення;
- невідпускаючий струм – викликає при проходженні через організм непереможні судомні скорочення м'язів руки, в якій затиснуто провідник;
- фібриляційний струм – викликає при проходженні через організм фібриляцію серця.

Чинники неелектричного характеру:

- шлях струму через людину:

- суттєво впливає на тяжкість ураження (коли проходить через життєво важливі органи);
- рефлексорно, через центральну нервову систему (коли не проходить через життєво важливі органи)
- індивідуальні особливості і стан організму – більш тяжких уражень електричним струмом приводять стан збурення нервової системи, депресії, захворювання шкіри, серцево-судинної системи, органів внутрішньої секреції, легеней;
- час дії струму – призводить до тяжких уражень;
- раптовості дії струму – якщо людина чітко усвідомлює загрозу враження струмом, то значення порогових струмів на 30-50% вищий, а якщо така загроза не усвідомлюється то такі значення менші.

Чинники виробничого характеру:

- температура повітря в приміщенні;
- вологість повітря;
- запиленість повітря;
- наявність в повітрі хімічно активних домішок;

Для забезпечення захисту від ураження струмом корпуси печі встановлені на ізолюючому покритті, що забезпечують їхнє занулення (обладнання з'єднуються з нульовим захисним провідником заземлюючим проводом). Аналогічним чином заземлюються всі електроприлади, що знаходяться в лабораторії. У разі пошкодження електроприладу або його електропровідників регламентують час автоматичного відключення пошкодженої лінії.

5.7 Пожежна безпека

Основою для встановлення нормативних вимог щодо конструктивних та планувальних рішень на промислових об'єктах, а також інших питань

забезпечення їхньої вибухопожежобезпеки є визначення категорій приміщень та будівель виробничого, складського та невиробничого призначення за вибухопожежною та пожежною небезпекою (НАПБ Б.07.005186).

Категорія пожежної небезпеки приміщення (будівлі, споруди) – це класифікаційна характеристика пожежної небезпеки об'єкта, що визначається кількістю і пожежонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, які знаходяться (обертаються) в них із урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв. Відповідно до НАПБ Б.07.005186 (ОНТП24186) приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою поділяють на п'ять категорій (А, Б, В, Г, Д).

Категорія А (вибухонебезпечна)

Приміщення, в яких застосовуються горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при спалахуванні котрих розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.

Речовини та матеріали, здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним в такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.

Категорія Б (вибухопожежонебезпечна)

Приміщення, в яких застосовуються вибухонебезпечний пил і волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C та горючі рідини за температурних умов і в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пило-повітряні або пароповітряні суміші, при спалахуванні котрих розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

Категорія В (пожежонебезпечна)

Приміщення, в яких знаходяться горючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини, матеріали здатні при взаємодії з водою, киснем повітря

або одне з одним горіти лише за умов, що приміщення, в яких вони знаходяться або використовуються, не відносяться до категорій А та Б.

Категорія Г

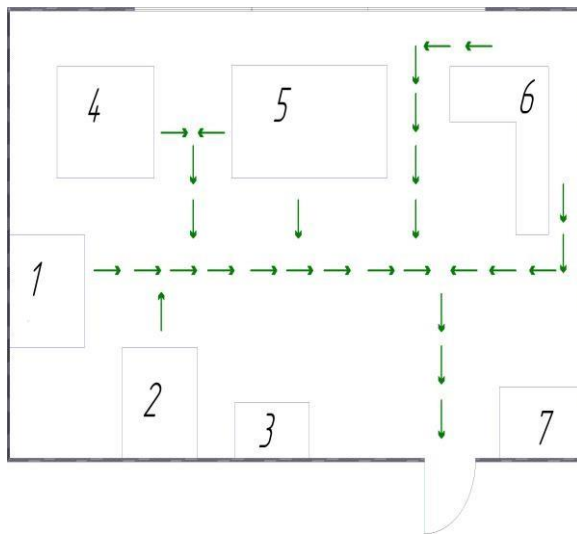
Приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі гази, спалимі рідини, тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

Категорія Д

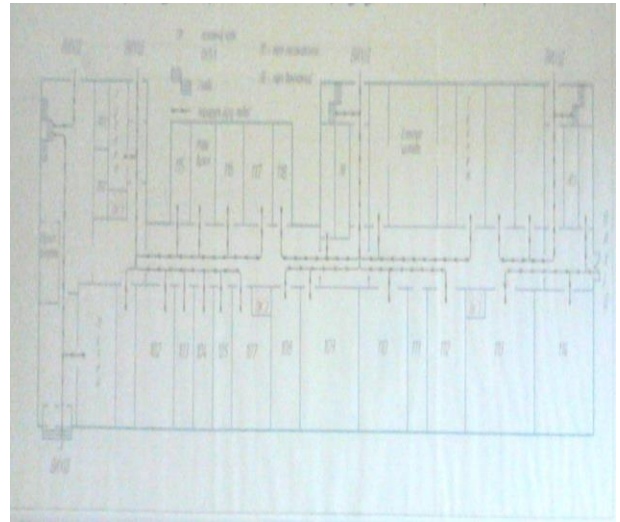
Приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в холодному стані.

Система пожежної сигналізації – сукупність технічних засобів, призначених для виявлення пожежі, обробки, передачі в заданому вигляді повідомлення про пожежу, спеціальної інформації та видачі команд на включення автоматичних установок пожежогасіння і включення виконавчих установок систем протидимного захисту, технологічного та інженерного обладнання, а також інших пристроїв протипожежного захисту.

До складу будь-якої системи пожежної сигналізації входять пожежні сповіщувачі, приймальний прилад та автономне джерело електроживлення.



а



б

а) з лабораторії, б) з першого поверху ФТІМС НАН України

1 – велика селітова піч, 2 – мала селітова піч, 3 – трансформатор, 4 – місце для відходів власного виробництва, 5 – установка на зніс та тертя, 6 – місце інженера технолога, 7 – місце засобів пожежної безпеки.

Рисунок 5.2 – План евакуації з робочого приміщення

Висновки до розділу 5

1. Об'єм робочого приміщення задовольняє вимогам санітарних норм та правил.
2. Параметри мікроклімату знаходяться в межах допустимих нормативних значень відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.
3. У приміщенні використовується суміщене освітлення, яке сприяє нормальним умовам праці.

ВИСНОВКИ

1. Були проаналізовані можливості існуючих ливарних технологій виробництва литих алюмоматричних композиційних матеріалів, а також дані про кількісний та якісний склад тугоплавких добавок, рекомендованих в якості армуючої фази. Обрано тип дискретного наповнювача для досліджень.

2. Для проведення досліджень була вдосконалена лабораторна установка, що дозволяє здійснювати електромагнітну обробку розплаву одночасно з вібрацією. Випробувано одинадцять варіантів технології виробництва ЛКМ за допомогою цієї установки. На підставі досліджень структури і триботехнічних властивостей ЛКМ встановили, що:

- найкращі показники засвоюваності армуючої фази в розплаві отримані при введенні їх в вигляді заздалегідь підготовленого литого напівфабрикату КМ;
- якість отриманого матеріалу відповідає необхідним вимогам;
- зносостійкість - вище, ніж у матричного сплаву в 1,4 рази;
- комплексна обробка розплаву підвищує зносостійкість матеріалу.

3. Технологія, при якій частинки вводяться в вигляді литого напівфабрикату, може бути використана для виробництва деталей триботехнічного призначення. Рекомендована індукція змінного магнітного поля при МГД-обработке- 0,07-0,09 Тл, амплітуда вібрації- 0,4-0,5 мм, частота 100 Гц, тривалість обробки не менше 6 хвилин.

4. Розраховано планову кошторисну вартість (собівартість) науково-дослідницької роботи, яка склала 133615,48 грн. Проведено економічний аналіз доцільності даної науково-дослідницької роботи та виявлено, що дане дослідження є доцільним з економічної точки зору.

5. Об'єм робочого приміщення задовольняє вимогам санітарних норм та правил.

6. Параметри мікроклімату знаходяться в межах допустимих нормативних значень відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.

7. У приміщенні використовується суміщене освітлення, яке сприяє нормальним умовам праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Разработка и получение литых износостойких металлических материалов с неметаллическим наполнителем на основе сырья и отходов предприятий Украины. Тема 5.42.08/302-93.333.- ИПЛ.-1993.
2. Шалин Р.Е., Заболоцкий А.А. Получение металлических композиционных материалов методами пропитки// Литейное производство.- 1993.- №4.- С. 8 – 13.
3. Панфилов А.В., Панфилов А.А. Технологии получения, свойства и применение литых алюмоматричных композиционных материалов антифрикционного назначения // Композиционные материалы в промышленности. Материалы международной конференции.- Славполиком.- Ялта- 2003.-С. 85 – 88.
4. А. В. Панфилов, А. А. Панфилов, Литые алюмоматричные антифрикционные композиционные материалы// Литейное производство.- 2003.- №9.-С.37.Эскин Г.И., Семенов Б.И., Лобков Д.Н. Устранение структурной неоднородности композитов на основе алюминиевых сплавов с целью повышения их качества // Приложение к журналу «Литейное производство».- 2001.- №9.- С. 2 – 8.
5. Эскин Г.И., Семенов Б.И., Лобков Д.Н. Устранение структурной неоднородности композитов на основе алюминиевых сплавов с целью повышения их качества// Приложение к журналу «Литейное производство».- 2001.- №9.- с. 2 – 8.
6. Щепин Л. А., Клинский А. И., Игнатов М. Н. О влиянии магнитного поля на смачивание верхов включений жидким металлом // Вестник ПГТУ. Механика и технология материалов и конструкций.- 2003.- № 6.- С. 118- 122.
7. Non-Newtonian magnetohydrodynamic multiphase flows in solidifying aluminium matrixcomposites/ Vives Charles// Heat Transfer, 1994: Proc.10 th Int. Heat Transfer Conf., Brighton, 14- 18 Aug., 1994.Vol.7.- Rygly, 1994.- p.391- 396.

8. Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von Gukteileu aus Aluminium- und Magnesium legierungeu: Housel AG, Dette Manfred, Kebler Andreas, Brungs Diter/Velteu und Kollegen, 40221 Dusseldorf.
9. Процесс литья для получения композиционного материала с металлической матрицей. Пат 6253831 США, МПК 7 И 22 Д 27/02
10. Щепин Л. А., Клинский А. И., Игнатов М. Н. О влиянии магнитного поля на смачиваниет вердих включений жидким металлом // Вестник ПГТУ. Механика и технология материалов и конструкций.- 2003.- № 6.- С. 118- 122.
11. Hosking F.M., Portillo F., Wunderling R., Mehrabian R. // Meter. Sci., v.17, no.2, p.477 – 498.
12. Effects of alternative electromagnetic field on surface tension and filling ability of molten metal / He H., Kang F., Wang L.// Trans. Nonferrous Metals Soc. China, 2005, 15, № 3, с. 548 – 552.
13. Середенко В.А., Дубоделов В.И., Затуловский С.С., Коссинская А.В., Середенко Е.В., Затуловский А.С. Влияние постоянного магнитного поля на формирование структуры гетерофазного сплава на основе алюминия //
14. Пат.34081 А Україна, МКИ В 22 27/00 Спосіб отримання відливків із зносостійких сплавів: Б. А. Кірієвський, В. О. Середенко, В. І. Дубоделов, О. В. Середенко, В. В. Христинко (Україна): ФТІМС НАН України.-№ 99062991; Заявл. 01.06.1999; Опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1.- 2 с.
15. Effects of alternative electromagnetic field on surface tension and filling ability of molten metal / He H., Kang F., Wang L.// Trans. Nonferrous Metals Soc. China, 2005, 15, № 3, с. 548 – 552.
16. Carles N. Vives. New electromagnetic manufacturing processes for semisolid alloys and metal matrix composites synthesis// International Symposiums on Electromagnetic Processing of Materials.- 1994.- Nagoya, ISIJ.- p.223 – 228.
17. Патент 6253831 США, МПК B22D27/02./ Toyota Jidosha U. K.;Toyota School Foundation //Published 03.07.2001. № 09/008838
18. Заявка 19906939 Германия, МПК B22D2/04. Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von Gukteileu aus Aluminium- und Magnesium legierungeu / Housel AG,

Detle Manfred, Kebler Andreas, Brungs Diter (Velteu und Kollegen, 40221 Dusseldorf)
// Published 31.08.2000. № 19906939.5.

19. Панфилов А.В., Панфилов А.А., Чернышова Т.А., Кобелева Л.И. Практический опыт и эффективность применения экзогенных алюмоматричных композиционных материалов в узлах трения промышленного оборудования и транспортной техники // Процессы литья.- 2004.-№4.- С. 33 – 37.

20. Курганова Ю.А. Разработка и применение дисперсно упрочненных алюмоматричных композиционных материалов в машиностроении // Автореферат диссертации.- Москва.- 2008.- 48 с.

21. Найдек Л. В. Композиционные материалы – тенденции, проблемы и перспективы развития / Л. В. Найдек, С. С. Затуловский. // Процессы литья. – 2004. – №4. – С. 3–11.

22. Косинская А.В. Литые алюмоматричные композиционные материалы, экономноармированные неметаллическими частицами / А.В. Косинская, А.С. Затуловский // Процессы литья. – 1997. – №1. – С. 72–77.

23. Затуловский А.С. Алюмоматричные композиты, армированные неметаллическими частицами / А.С. Затуловский, А.В. Косинская, В.А. Щерецкий, В.А. Лакеев // Мат-лы IX Международной научно- практической конференции Литье 2013. Запорожье, ЗТПП. – С. 62–64.

24. Затуловский А.С. Перспективы применения продуктов рециклинга металлических и неметаллических деталей при производстве алюмоматричных композиционных материалов / А.С. Затуловский, А.В. Косинская, В.А. Щерецкий, Е.А. Каранда, В.А. Лакеев // Металл и литье Украины. – 2014. – №4. – С. 29–32.

25. Затуловский А.С. Литые алюмоматричные композиты, армированные бронзовой стружкой / А.С. Затуловский, В.А. Лакеев, Е.А. Каранда // Материалы XI Международной научно-практической конференции Литье 2015. Запорожье, ЗТПП. – С. 104–105.

26. Гаврилин И.В. Проблема переплава алюминиевой стружки / И.В. Гаврилин // Технология легких сплавов. – 1999. – №1-2. – С.164 – 169.

27. Лакеев В.А. Алюмоматричные композиты, армированные отходами механической обработки композиционных деталей системы медь-сталь / В.А. Лакеев, А.С. Затуловский, Е.А. Каранда, Л.В. Король // Материалы XI Международной научно-практической конференции Литье 2015. Запорожье. – С.154 – 155.
28. Тарасевич Н.И. К вопросу о классификации композиционных материалов / Н.И. Тарасевич, И.В. Корниец // Металл и литье Украины. – 1999. – №7- 8. – С.24 – 26.
29. Затуловский А.С., Косинская А.В., Затуловский С.С. Перспективные трибокомпозиты на основе алюминиевых сплавов / А.С. Затуловский, А.В. Косинская, С.С. Затуловский // Материалы 21й Международной ежегодной научно-практической конференции «Композиционные материалы в промышленности». (Славполикком 2001) : – Ялта. – 2001. – С. 43.
30. Zhou.W. and Xu, Z.M. “Casting of Sic Reinforced Metal Matrix Composites // Journal of Materials Processing Technology, 63, 358-363. 1997.
31. Dr. A. Manna, K.L. Meena et al “An analysis of mechanical properties of the developed Al/SiC – MMC’s // American journal of mechanical engineering. – 2013. – vol.1, №1. P.14 – 19.
32. Устройство для ультразвуковой обработки расплава. Пат. РФ. 2023533; Оpubл. 30.11.1994.
33. Способ литья алюминиевых сплавов. Пат. РФ. 2111826. Оpubл. 27.05.1998.
34. Затуловский А.С. Исследование влияния МГД-обработки и вибрации на микроструктуру и триботехнические свойства литых in-vitro композиционных материалов с матрицей из алюминиевых сплавов / А.С. Затуловский, В.А. Лакеев, В.Н. Фиксен // Материалы V международной научно-практической выставки-конференции Литье-2009. Запорожье. – С.169 – 170.
35. Эскин Г.И. Устранение структурной неоднородности композитов на основе алюминиевых сплавов с целью повышения их качества /Г.И. Эскин, Б.И. Семенов, Д.Н. Лобков // Лит. Производство. – 2001. –№9. – С.2 – 8.

36. Затуловский А.С. Рациональные литейные технологии получения композиционных материалов с матрицей из алюминиевых сплавов / А.С. Затуловский, В.А. Щерецкий, В.А. Лакеев, Е.В. Миронова // Мат-лы VII Международной научно-практической конференции Литье-2012. Запорожье.2012. – С. 103 – 105.

37. Гусев С.С. Использование методов центробежного литья для получения изделий из композиционных материалов с упрочненной поверхностью / С.С. Гусев, Д.Н. Лобков, С.С. Казачков // «Материаловедение». – 1999. – №5. – С. 50-53.

38. Ефимов В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М : Металлургия, 1995. – 272 с.

39. Косинская А.В. О влиянии вибрационного воздействия на качество литых композитов системы «Медь-сталь» / А.В. Косинская, А.С. Затуловский, П.П. Гарбуз // Материалы XI Международной научно-практической конференции Литье-2015. Запорожье. ЗТПП. – С.138 – 140.

40. Безпалько В.И. Формирование отливок из сплавов Al-Si при литье с кристаллизацией под давлением. / В.И. Безпалько, С.К. Кантеник, А.И. Батышев // Литейное производство. – 1982. – №10. – С.24 – 25.

41. Батышев А.И. Литье латуни с кристаллизацией под давлением / А.И. Батышев, Е.В. Мейер // Литейное производство. – 1997. – №3. – С. 20–22.

42. Спосіб виробництва виливок з макрогетерогенного композиційного матеріалу. Патент на корисну модель № 78534. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.03.2013.

43. Лакеев В.А. Литые композиты с матрицей из алюминиевых сплавов, армированных продуктами рециклинга КМ латунь – стальная дробь /В.А. Лакеев, А.С. Затуловский // Материалы XII Международной научно- практической конференции Литье - 2016. Запорожье. – С.137 –138.

44. Устройство для литья металла под действием перепада давления // Патент РФ. 2023533. Опубл. 30.11.1994.

45. Naher S., Brabazon D., Looney L. Development and assesment of a new quick

quench stir-caster design for the production of metal matrix composites // Journal of Materials Processing Technology, 2004. – P 430-432.

46. Bala G. Narasimha, Vamsi M. Krishna ,and Dr. Anthony M. Xavier ,A Review on Processing of Particulate Metal Matrix Composites and its properties // International Journal of Applied Engineering Research, SSN 0973-4562. – Volume 8, № 6. –2013. – P. 647-666.

47. Патент на корисну модель №78534 Спосіб виробництва виливок з макрoгетерoгенного композиційного матеріалу // Зареєстровано в Державному реєстрі патентів 25.03.2013.

48. Затуловский А.С. Литые алюмоматричные композиты, армированные бронзовой стружкой / А.С. Затуловский, В.А. Лакеев, Е.А. Каранда // XI Международная научно-практическая конференция Литье. – 2015. – С. 104–105.

49. Лакеев В.А. Алюмоматричные композиты, армированные отходами механической обработки композиционных деталей системы медь-сталь / В.А. Лакеев, А.С. Затуловский, О.А. Каранда, Л.В. Король // XI Международная научно-практическая конференция Литье – 2015. – С. 154–156.

50. Lim, C.S.; Clegg, A.J. The production and evaluation of metal-matrix composite castings produced by a pressure-assisted investment casting process

// Journal of Materials Processing Technology. – vol. 67, issue 1-3. – 1997. –P. 13 – 18.

51. Bhagat, R.B. High pressure squeeze casting of stainless steel wire reinforced aluminium matrix composites // Composites vol. 19 issue 5 September, 1988. P. 393 – 399.

52. T. M. Yue, Chadwick, G.A. Squeeze casting of light alloys and their composites// Journal of Materials Processing Technology. – vol. 58, issue 2-3. – 1996. P. 302 – 307.

53. D. Kopeliovich Liquid state fabrication of Metal Matrix Composites.
http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=liquid_state_fabrication_of_metal_matrix_composites.

54. Seyed Reihani Processing of squeeze cast Al6061–30vol% SiC composites and

their characterization // *Materials and Design*. – vol. 27, issue 3. – 2006. – P. 216– 222.

55. T. M. Yue, G.A. Chadwick Squeeze casting of light alloys and their composites// *Journal of Materials Processing Technology*. – vol. 58 issue 2. – 1996. – P. 302 – 307.

56. Патент РФ 2245215 Караник Ю.А., Устройство для литья выжиманием с кристаллизацией под давлением 2012.

57. Патент РФ 2116865 Чернов Н.М. Устройство для литья с кристаллизацией под давлением, 2013.

58. Патент РФ 2052314, 2014 Караник Ю.А., Способ литья выжиманием с кристаллизацией под давлением.

59. Кривда В.І. Методичні рекомендації до розробки економічної частини дипломних проектів і робіт / В.І. Кривда, С.В. Нараєвський, Н.О. Черненко – К. : НТУУ «КПІ», 2011 р. – 52 с.

60. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник / В.Ц. Жидецький // 3-є вид., перероблене та доповнене. – Львів : Українська академія друкарства, 2008. – 336 с.

61. Конспект лекцій з дисципліни «Охорона праці».

62. Закон України "Про охорону праці" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.

63. Ткачук Н.К. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. – К. : Основа, 2006 – 448 с.